第17章　鱼纲

水是鱼类的生存环境，水的密度远远大于空气，对动物运动产生较大的阻力，同时又能给鱼体以一定浮力，使其不需附肢支撑体重。

水的热容量大，水温变化幅度较小，海洋的温度几乎趋于恒定。鱼类是能在水中生活的较低等脊椎动物，具有一系列适应水生环境的形态特征及其生理机能。鱼类在离水后会因鳃的粘连和干燥，造成窒息而很快死亡



硬骨鱼

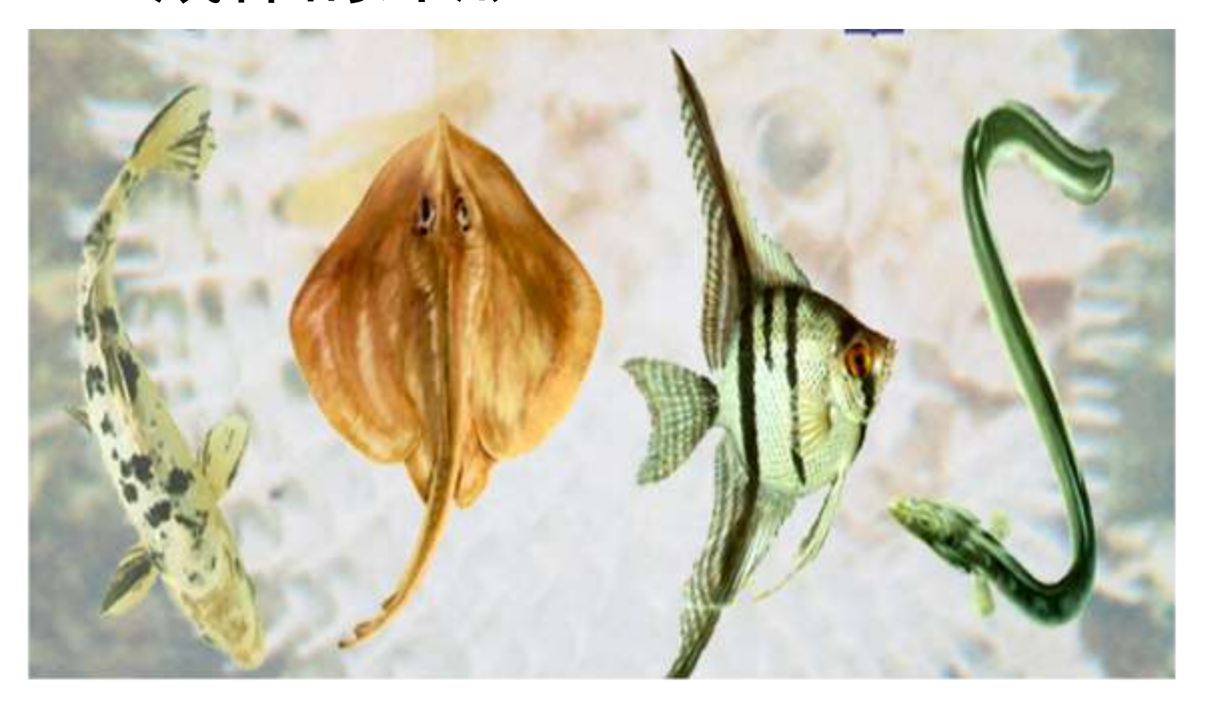


第17章　　鱼纲

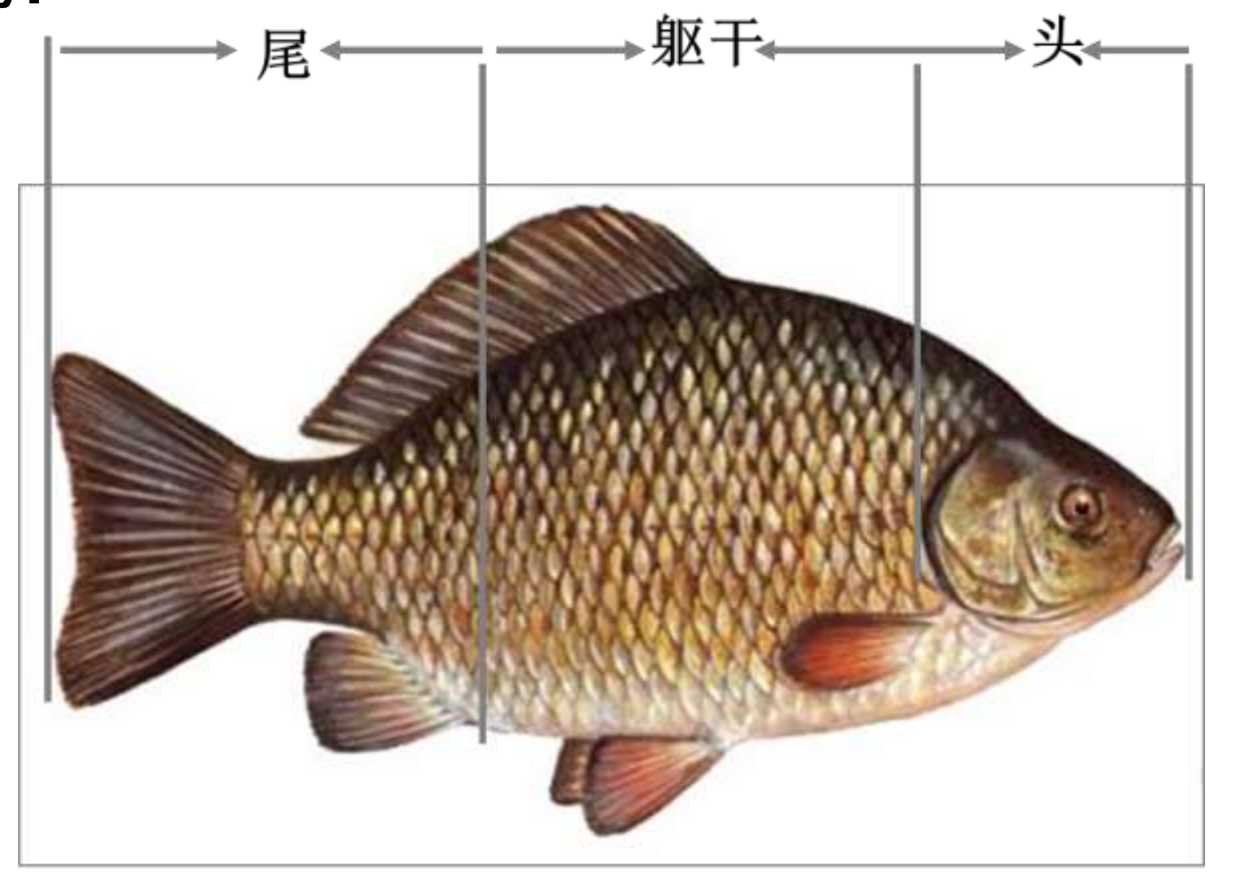
- 一、鱼纲的主要特征
- 二、鱼纲的分类
- 三、鱼类的洄游
- 四、鱼类的起源和进化

一、鱼纲的主要特征

1、成体的外形　　鱼类的外形多样化：



纺锤型　　平扁型　　侧扁型　　棍棒型



头与躯干的分界线

软骨鱼类：最后一对鳃裂。

硬骨鱼类：鳃盖的后缘。

躯干与尾的分界线

肛门或泄殖孔或臀鳍的起点。

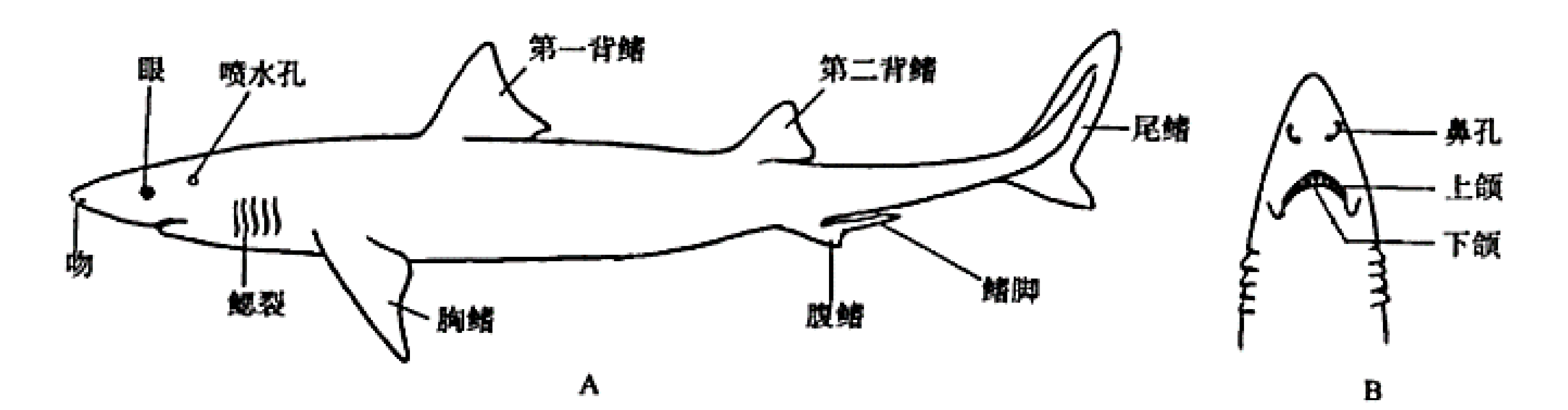
一、鱼纲的主要特征

1、成体的外形

(1)软骨鱼类：头部向前突出形成吻突，口在腹面，有上下颌的支撑，呈横裂。口前方有一对鼻孔，其内有皮瓣将鼻孔分隔。头侧有眼。眼后有喷水孔(有些种类没有)与咽相通。喷水孔后有5对鳃裂开口于体外。

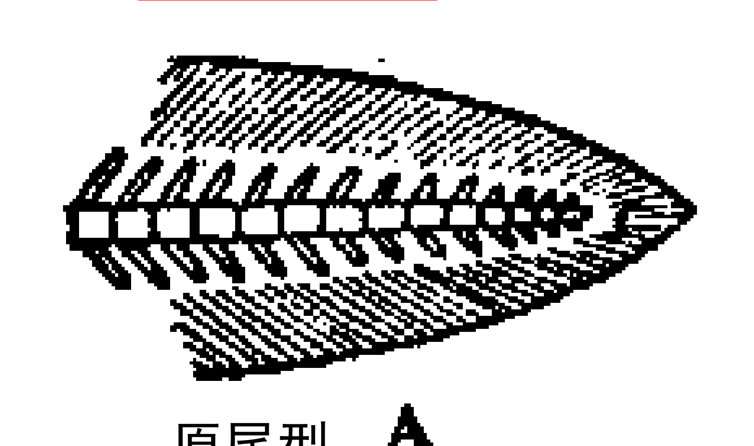
躯干部具有胸鳍和腹鳍，以及背鳍(前后两个)和臀鳍。泄殖腔孔在腹鳍的两侧，雄鲨的腹鳍内侧有一对鳍脚，是交配器官。

尾部侧扁，尾两叶，上叶大下叶小，上叶内有尾椎骨支持，称歪尾型。



鱼类的尾部根据尾椎和尾鳍的形状可分为三种类型：

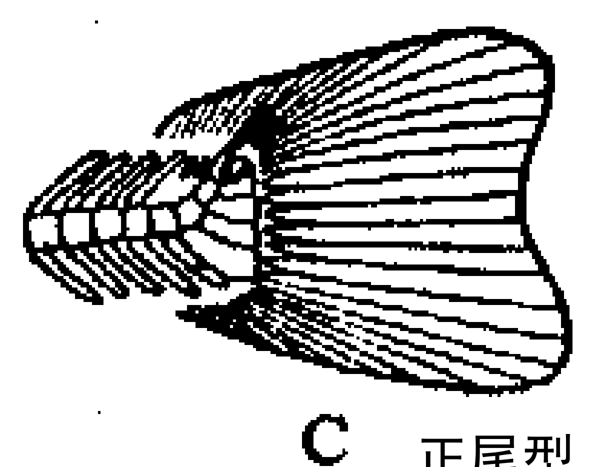
- 原尾型：尾椎末端平直，将尾鳍分成对称的上、下两叶。见于胚胎期和刚孵化的仔鱼。
- 歪尾型：尾椎末端上翘，伸入尾鳍上叶，将尾鳍分成不对称的二部分，为软骨鱼类的尾型。
- 正尾型：尾椎末端仅达尾鳍基部，末端稍上翘，但尾鳍外形仍对称。为硬骨鱼类的尾型。



原尾型 A



B 歪尾型

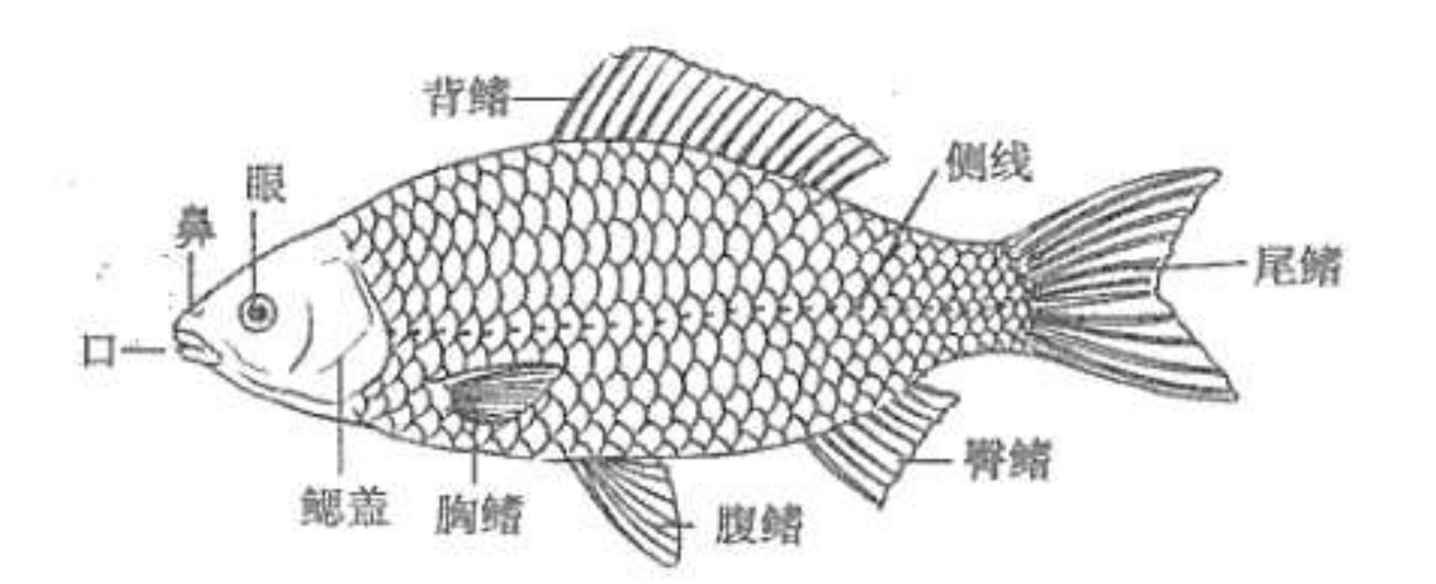


C 正尾型

一、鱼纲的主要特征

1、成体的外形

(2)硬骨鱼类：口位于头的前端，口侧有一对触须。一对鼻孔，在吻背面，由瓣膜分隔为前鼻孔和后鼻孔。眼侧生。头的后侧有一骨质鳃盖，鳃盖下方为容纳鳃的鳃腔，进入口中的水流通过鳃腔，由鳃盖后缘排出体外。



口：由活动的上下颌支持。摄食器官。

上位：吃浮游生物。如鳜鱼、翘嘴红鲌。

下位：吃底栖生物或附着在石头上的藻类。如清道夫、 鲮鱼等。

端位：吃中上层的食物为主的鱼类。

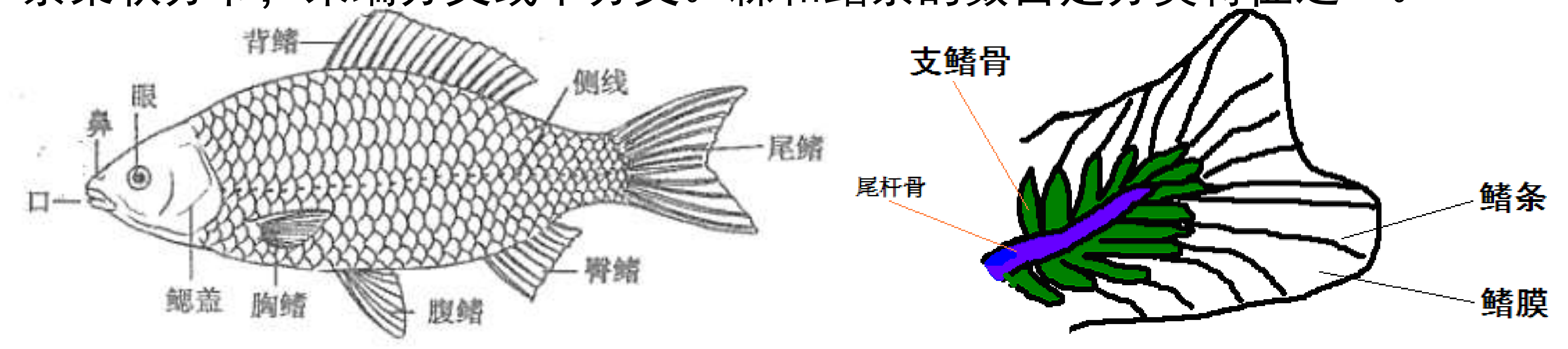


一、鱼纲的主要特征

1、成体的外形

(2)硬骨鱼类：口位于头的前端，口侧有一对触须。一对鼻孔，在吻背面，由瓣膜分隔为前鼻孔和后鼻孔。眼侧生。头的后侧有一骨质鳃盖，鳃盖下方为容纳鳃的鳃腔，进入口中的水流通过鳃腔，由鳃盖后缘排出体外。

有成对的胸鳍和腹鳍为偶鳍。奇鳍包括背鳍、臀鳍和尾鳍。背鳍位于背部正中，它的形状、大小和数目因种类而异。臀鳍位于肛门和尾鳍之间。鱼鳍内有鳍条支持，鳍条包括棘和鳍条（假棘）两类。棘刚硬不分节；鳍条柔软分节，末端分叉或不分叉。棘和鳍条的数目是分类特征之一。



鳍条有2种类型：

（1）角质鳍条　由表皮生成的。特点：不分节、不分支。见于软骨鱼类。

（2）骨质鳍条　由鳞片衍生而成。特点：有分节，末端分支或不分支。

分支的称分支鳍条，不分支的称不分支鳍条。

食品鱼翅就是鲨鱼的角质鳍条。

鱼鳍的变异

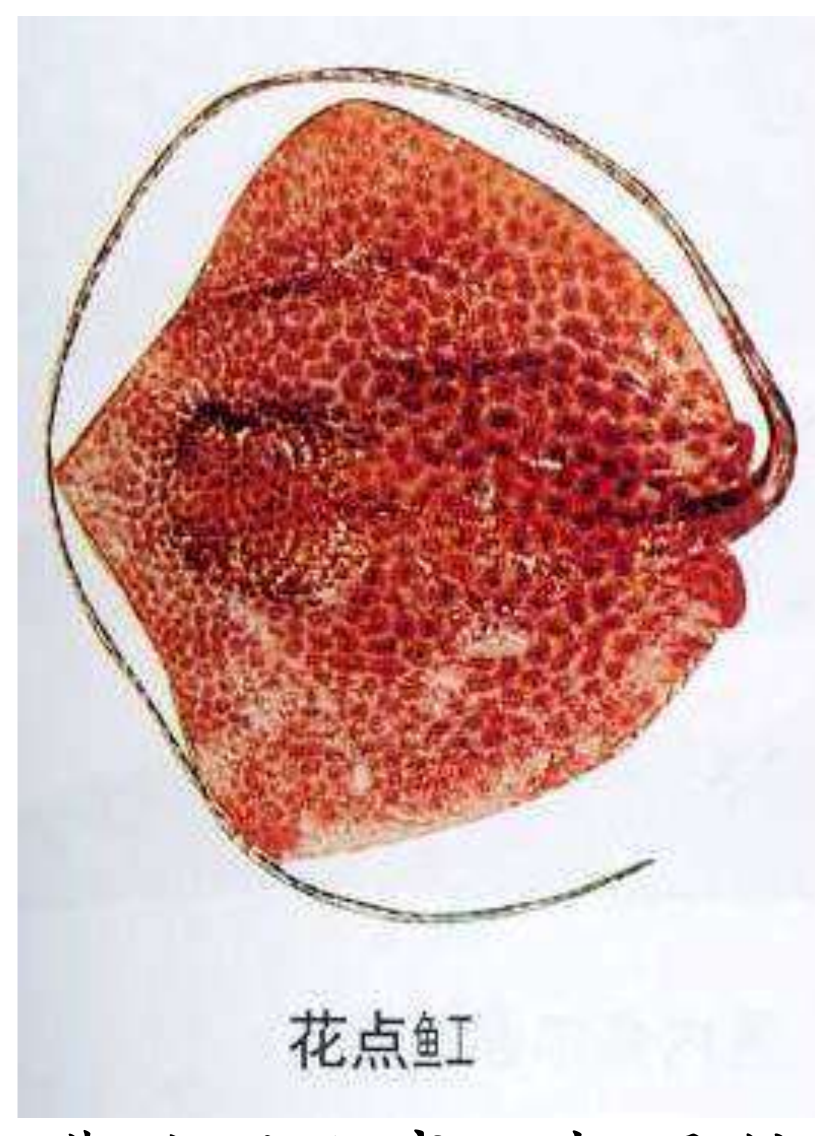
鳕鱼：3个背鳍



大马哈鱼：第2背鳍为脂鳍，由脂肪组织构成



鱼鳍的变异



背鳍退化成一根尾针

背鳍与尾鳍相连

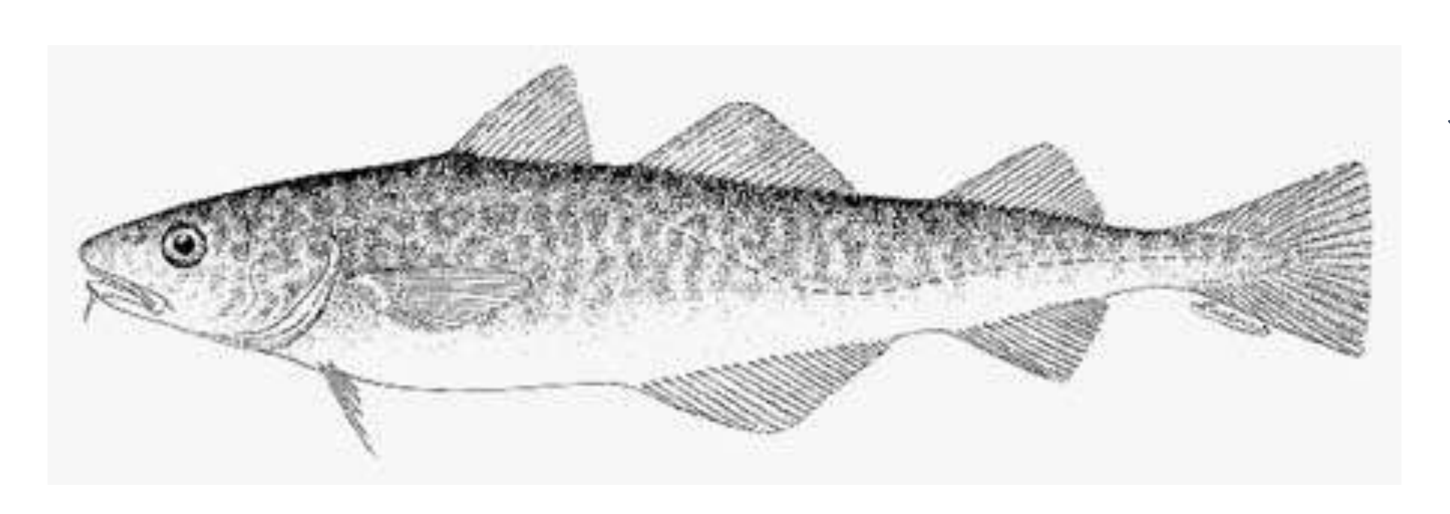
带鱼



鲐鱼：背鳍后有由鳍条形成的数个小鳍(附鳍)



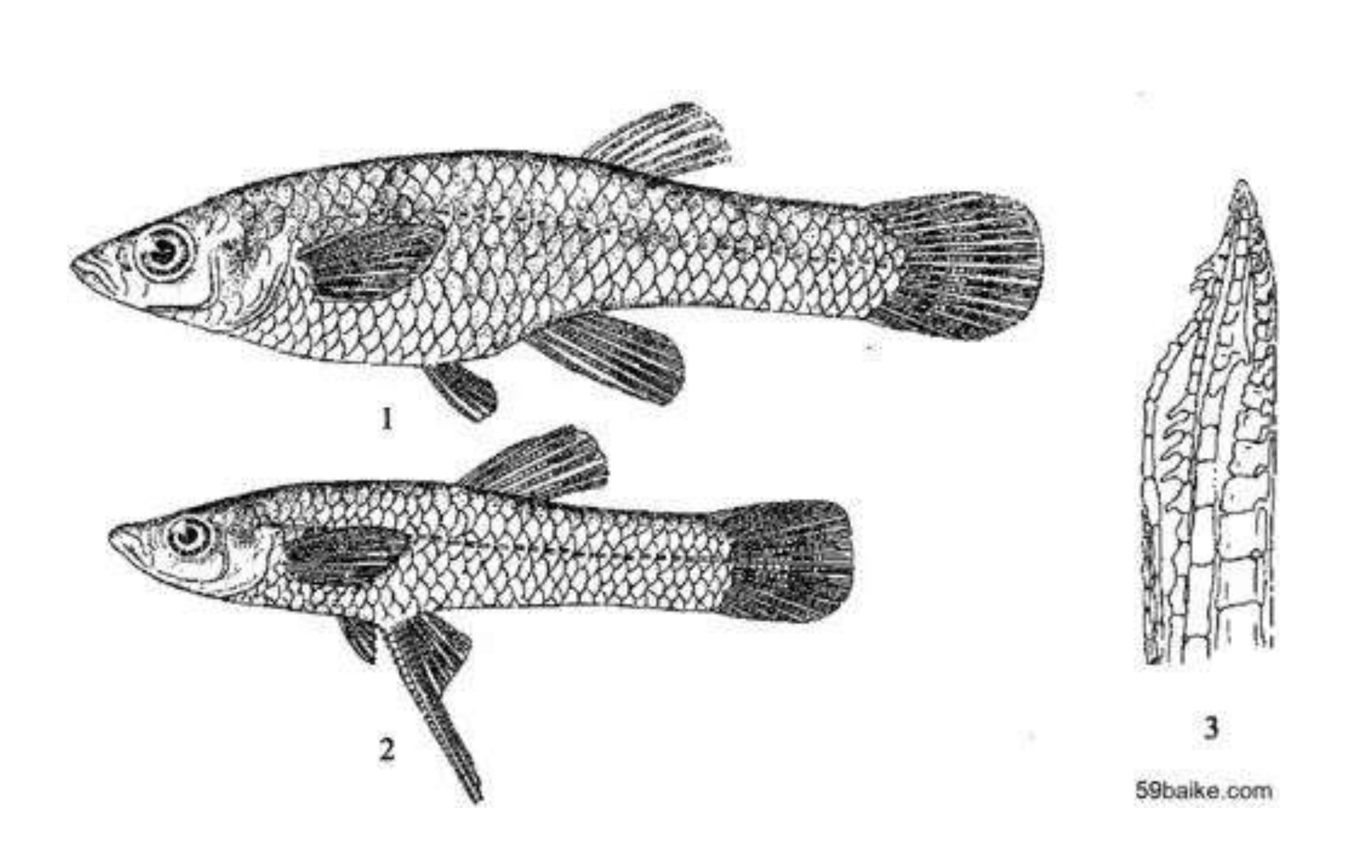
鲫鱼：第一背鳍形成吸盘



鳕鱼：2个臀鳍

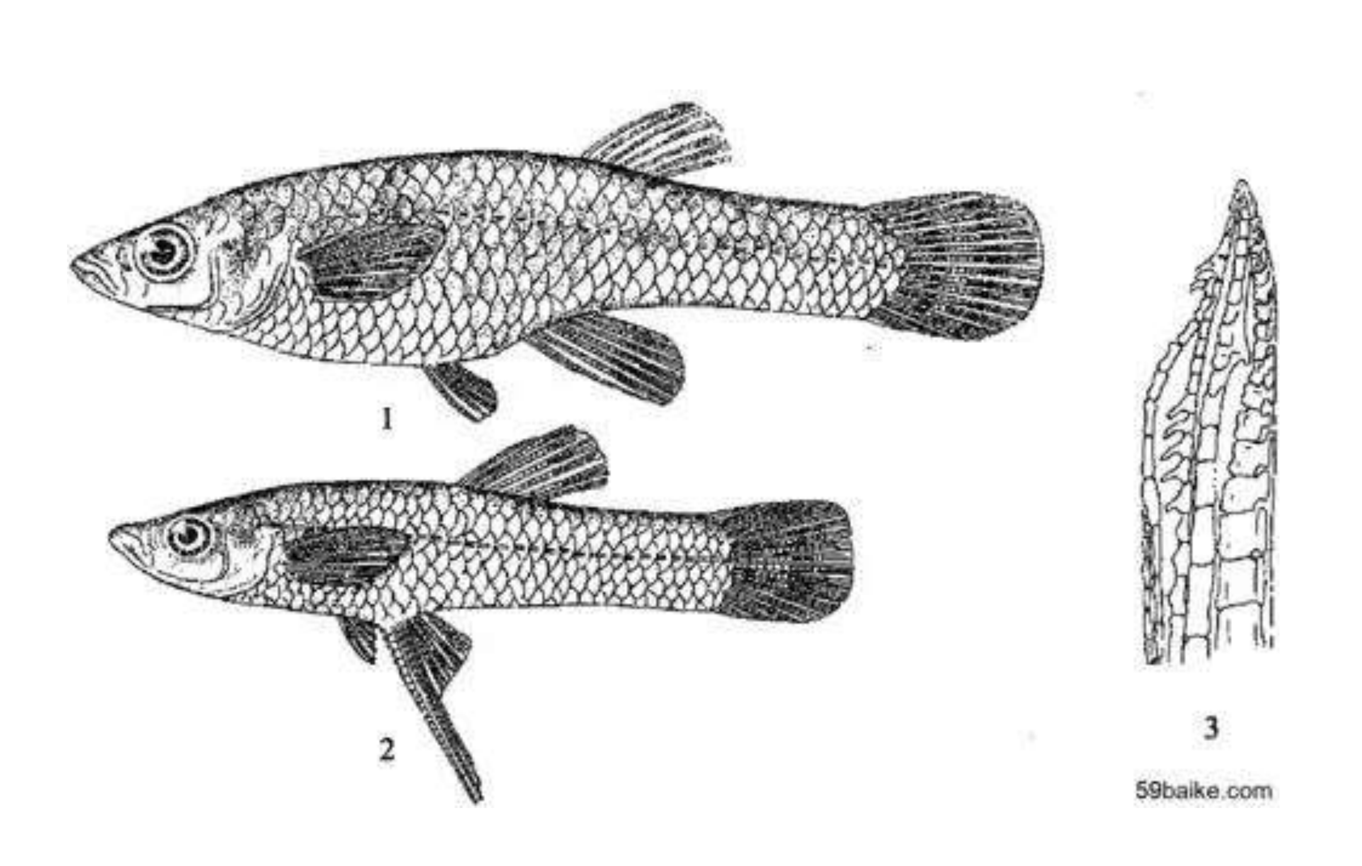
鲶鱼：臀鳍与尾鳍相连

长须鲶





食蚊鱼：雄性臀鳍鳍条特化成交配器





食蚊鱼：雄性臀鳍鳍条特化成交配器

一、鱼纲的主要特征

1、成体的外形

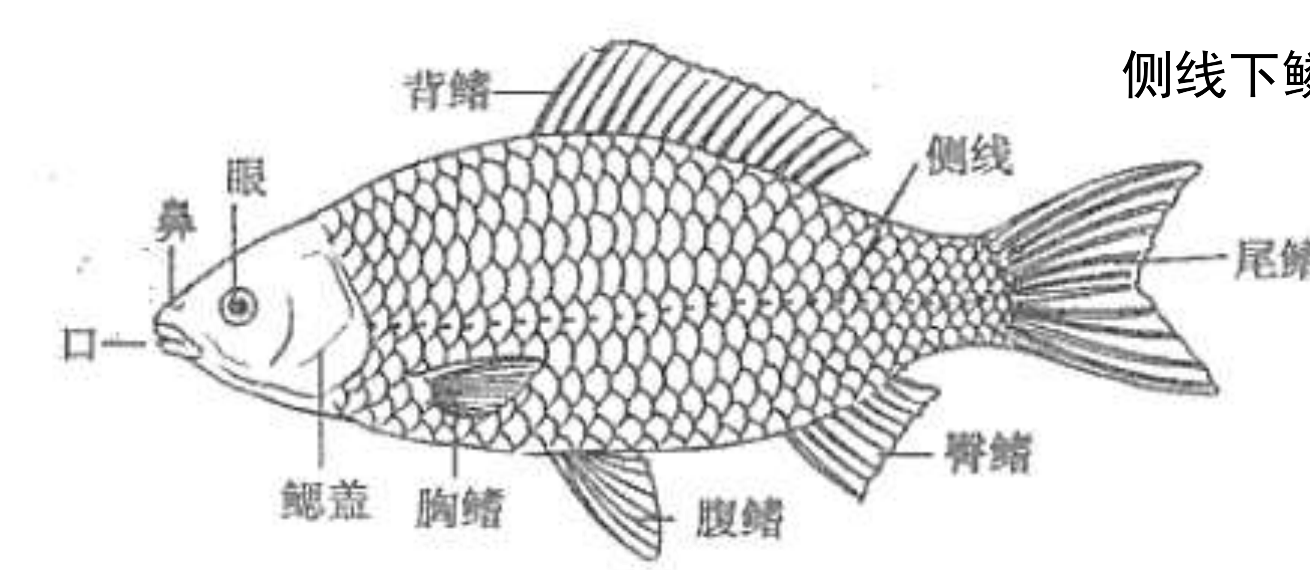
(2)硬骨鱼类：躯干两侧各有一条侧线，由埋在皮肤内的侧线管开口在体表的小孔组成。被侧线孔穿过的鳞片为侧线鳞。在分类学上用鳞式表示鳞片的排列方式。

$$\text{侧线鳞数目}\ \frac{\text{侧线上鳞数}}{\text{侧线下鳞数}}$$

侧线鳞：鱼类身体两侧各有一排其中央有小孔穿过的鳞片

侧线上鳞数：背鳍起点基部至侧线这一距离上的鳞片数目

侧线下鳞数：臀鳍起点基部至侧线这一段距离上的鳞片数目



鲤鱼的鳞式：$34\sim38\ \frac{5}{8}$

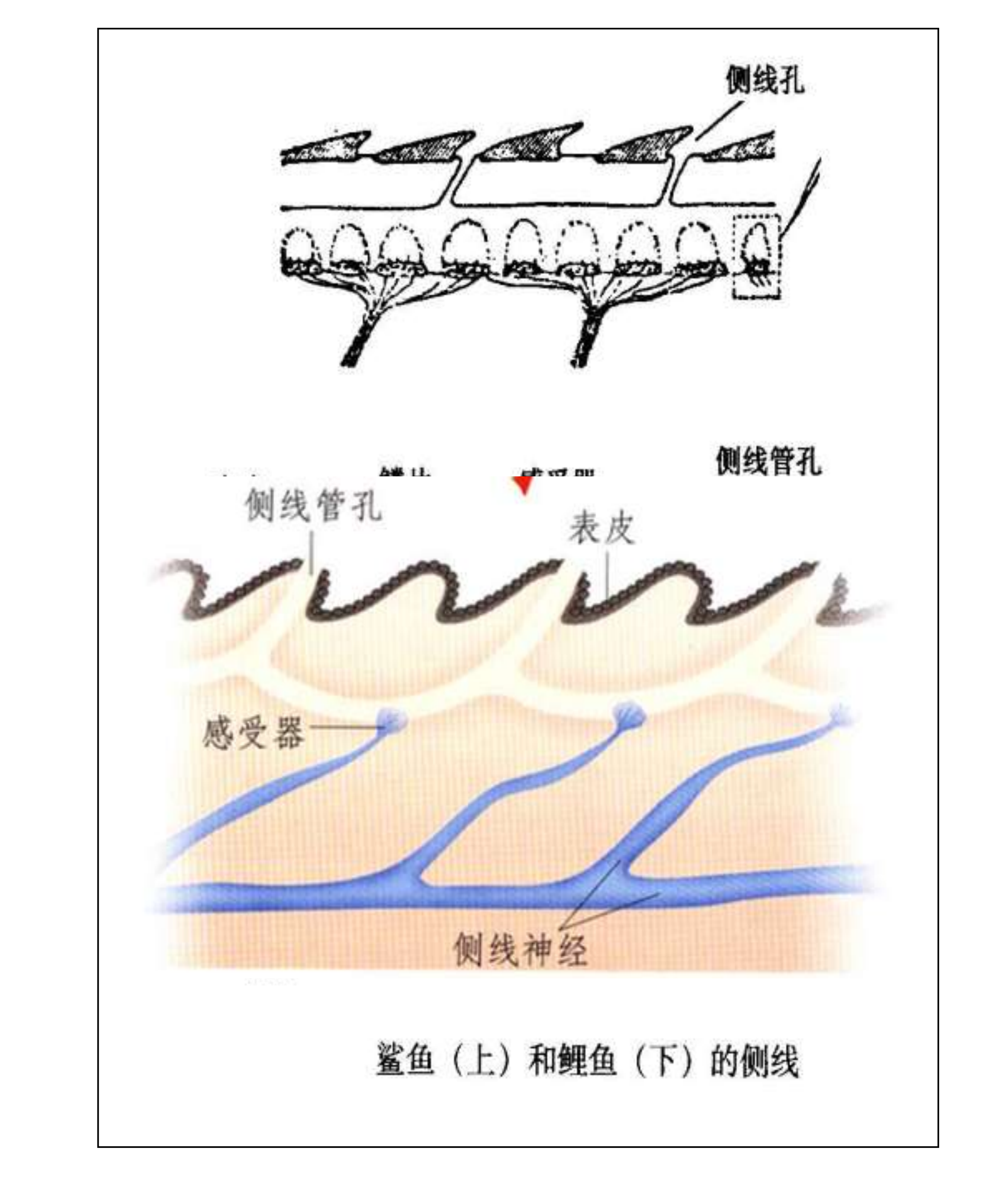
侧线

鱼类体表的特殊皮肤感受器。

构造：管状或沟状，埋在头骨内和体侧的皮肤下。以一系列**侧线孔**穿过头骨或鳞片通到体外。

功能：能感受水的低频振动，以此来判断水流方向、水波动态及周围环境。

侧线神经与内耳来的听神经一起进入延脑的听觉侧线区.



鲨鱼（上）和鲤鱼（下）的侧线

一、鱼纲的主要特征

2、皮肤及其衍生物

鱼类的皮肤由表皮和真皮组成，均含多层细胞。表皮是上皮组织，由外胚层形成;真皮是结缔组织，由中胚层形成。皮肤衍生物包括黏液腺、毒腺、鳞片和色素细胞等。鱼类皮肤与肌肉连接很紧，可减少水的阻力，加快游泳速度。

粘液腺

鳞片

体色

毒腺　（肉毒、刺毒、毒腺）

发光器

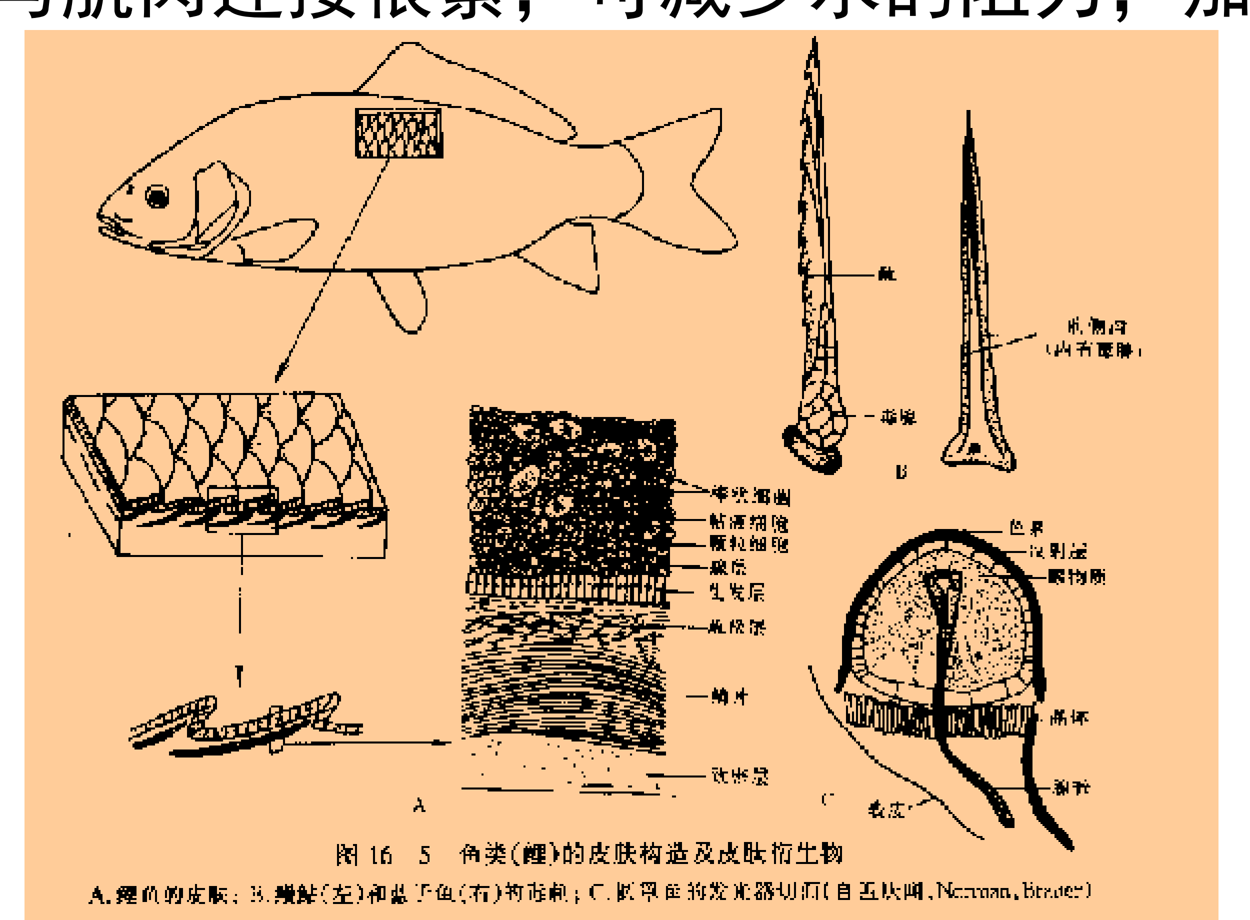


图 16　5　鱼类(鲤)的皮肤构造及皮肤衍生物

一、鱼纲的主要特征

2、皮肤及其衍生物

(1)软骨鱼类：皮肤基本结构与圆口类相似。表皮内分布大量单细胞的黏液腺，能分泌黏液以润滑体表减少游泳时与水的摩擦阻力。黏液还能保护鱼体使之免遭病菌、寄生物和病毒的侵袭，并能迅速凝结和沉淀泥沙等污物。少数种类具多细胞腺，例如魟、鲼的毒腺。皮肤中有色素细胞。

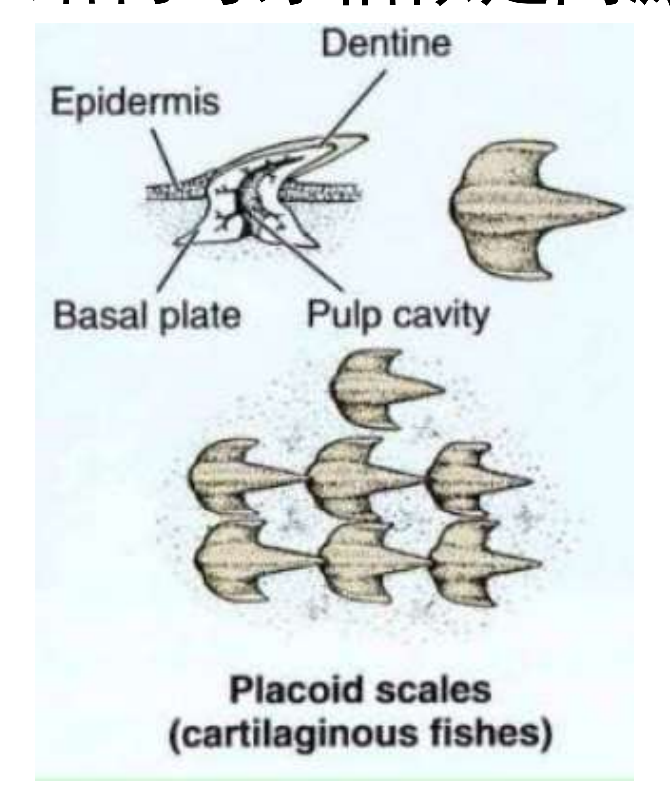


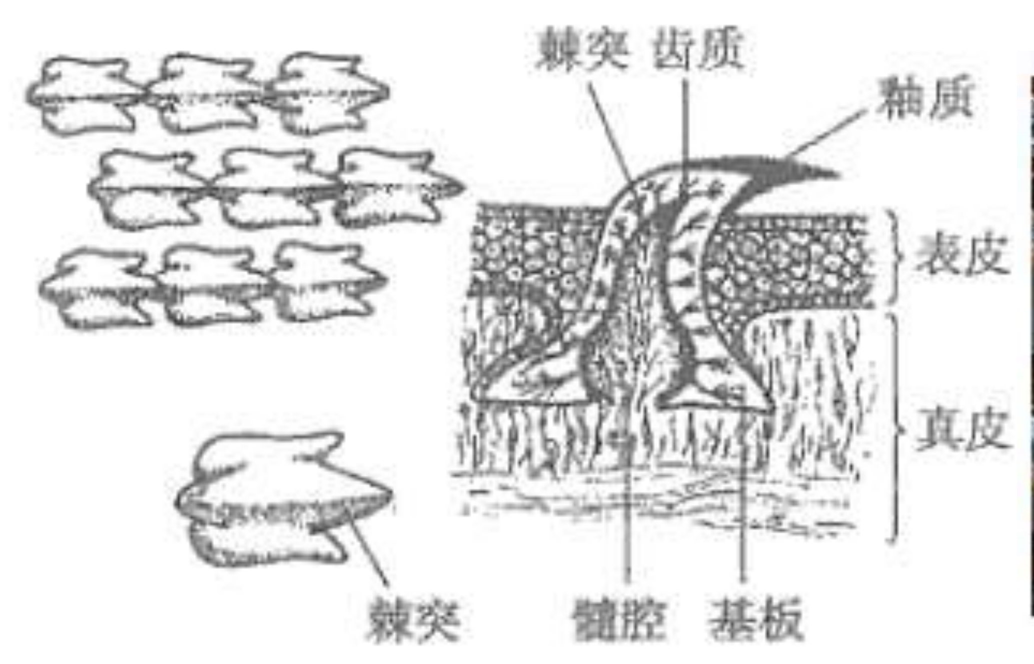


一、鱼纲的主要特征

2、皮肤及其衍生物

(1)软骨鱼类：鲨鱼体表被有盾鳞，是由菱形的基板和其上的棘突组成。棘突向后伸出皮肤，基板埋在真皮内，内有髓腔，血管、神经进入髓腔内。盾鳞的外层为釉质，由表皮形成，内层为齿质，由真皮形成。盾鳞的这种结构与牙相似是同源器官。







一、鱼纲的主要特征

2、皮肤及其衍生物

(2)硬骨鱼类：硬骨鱼类具有骨鳞，属于真皮衍生物。骨鳞分3种，即硬鳞、圆鳞和栉鳞。

硬鳞由真皮演化而成，为硬骨鱼中最原始的鳞片，成行排列而不呈覆瓦状。少数硬骨鱼具有(例如鲟鱼、多鳍鱼等)。鳞质十分坚硬，多呈菱形。鲟鱼和鳇鱼只在尾鳍上叶保留若干硬鳞，位于体侧的5条纵骨片是骨板而非硬鳞。





雀鳝

一、鱼纲的主要特征

2、皮肤及其衍生物

(2)硬骨鱼类：硬骨鱼类具有骨鳞，属于真皮衍生物。骨鳞分3种，即硬鳞、圆鳞和栉鳞。

圆鳞和柿鳞存在于较高等硬骨鱼类中，圆鳞呈圆形，前端斜埋在真皮的鳞袋内，呈覆瓦状排列于表皮下，后端游离的部分边缘圆滑。栉鳞位置和排列与圆鳞相似，游离端带有齿突。

圆鳞鳞片的最厚处位于中央部，并随同鱼鳞增大逐年加厚。鱼鳞数目终生不变，但能继续增大，表面有环圈状的隆起线称鳞……长强度而变化，是环境影响及体内营养状况在鳞片上的……个宽、窄相间的生长带，即为年轮，可用作确定鱼龄的……类分类特征之一。

圆鳞



栉圆鳞

年轮

一、鱼纲的主要特征

2、皮肤及其衍生物

(2)硬骨鱼类：皮肤结构与软骨鱼相似。真皮内富有色素细胞，构成丰富多彩的体色。许多深海鱼类的体表具有由多细胞腺形成的发光器，由下部的发光腺、上部的晶体以及包裹在外面的反光层等组成。发光腺可分泌一种含磷的荧光素，形成不同颜色的冷光，用于照明、觅食或种间识别。

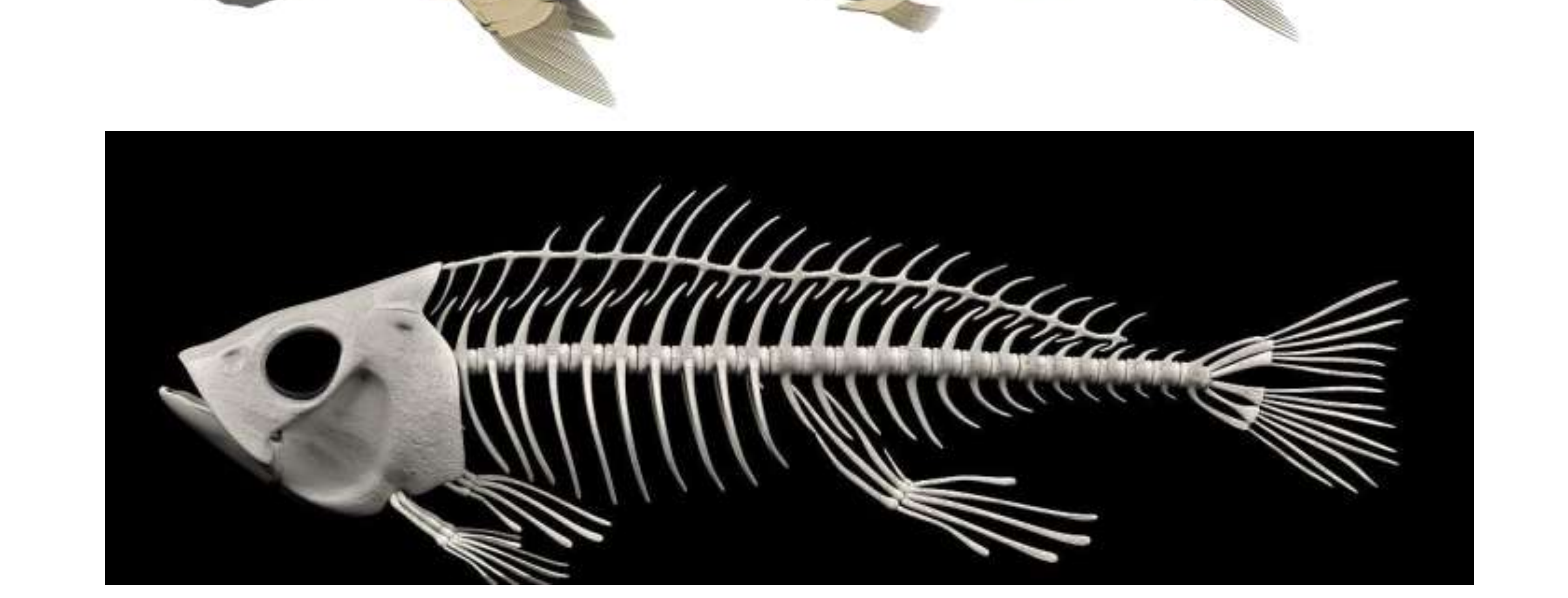


一、鱼纲的主要特征

3、骨骼系统

骨骼系统分为中轴骨骼和附肢骨骼两部分。中轴骨骼包括头骨、脊柱和肋骨，附肢骨骼包括鳍骨及悬挂鳍骨的带骨，而鳍骨又可分为奇鳍骨和偶鳍骨。

- 中轴骨骼
  - 头骨
    - 脑颅
    - 咽颅
  - 脊柱
    - 躯椎
    - 尾椎
  - 肋骨
- 附肢骨骼
  - 鳍骨
    - 奇鳍骨
    - 偶鳍骨
  - 带骨
    - 肩带
    - 腰带



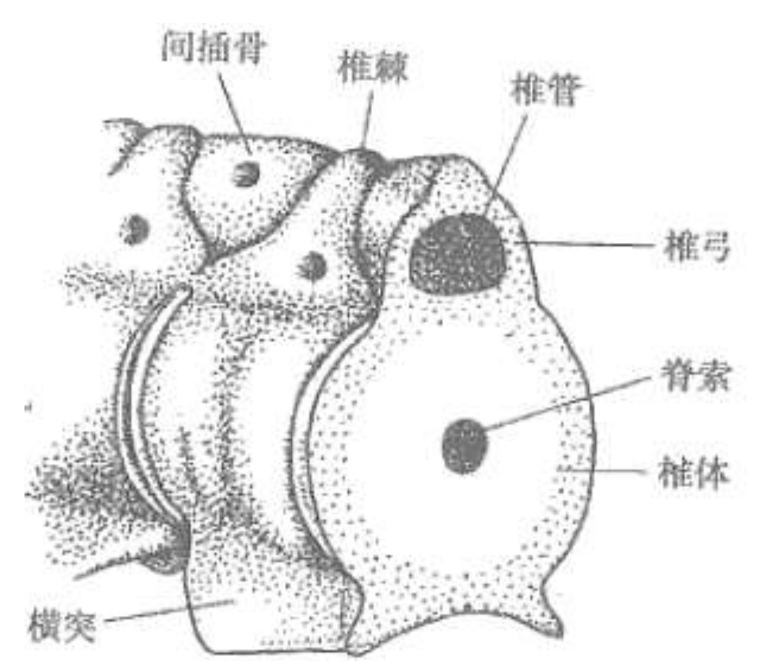
一、鱼纲的主要特征

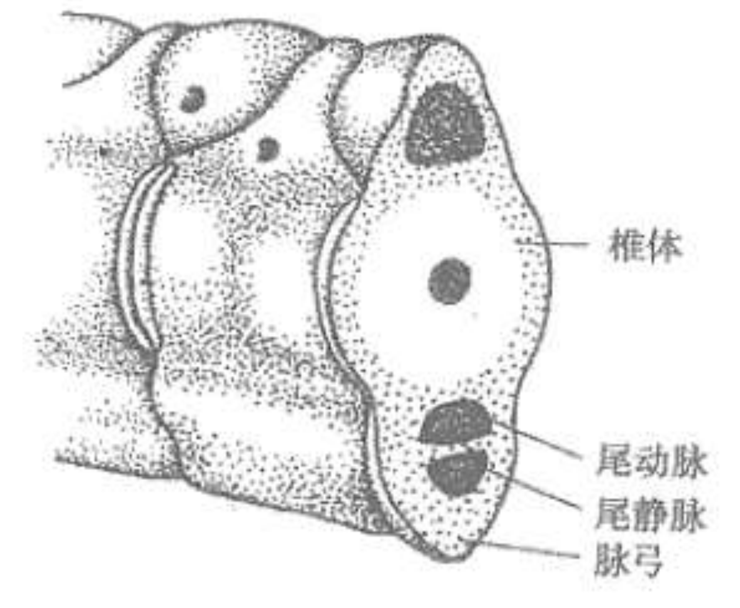
3、骨骼系统

(1) 软骨鱼类：骨骼系统完全由软骨组成。

①脊柱和肋骨：脊柱由一连串软骨的脊椎骨关连而成，按体节排列，取代了脊索，构成强有力的支持及保护脊髓的结构。脊柱分为躯干椎和尾椎两部分。脊椎骨的典型结构（以尾椎为例）：

中央的支撑部分为椎体；椎体背面是椎弓，容纳和保护脊髓；椎体腹面是脉弓，包围尾动脉和静脉；椎弓和脉弓分别向背腹延伸成椎棘和脉棘。鲨鱼椎体的两端凹入，是脊椎动物中最原始的双凹型椎体（特有）。相邻椎体间所形成的球形腔内仍留有残存的脊索，并通过椎体正中的狭窄孔道，使整条脊索串连成念珠状。躯椎无脉弓和脉棘，椎体两侧有横突与短小的肋骨相连。





一、鱼纲的主要特征

3、骨骼系统

(1) 软骨鱼类：骨骼系统完全由软骨组成。

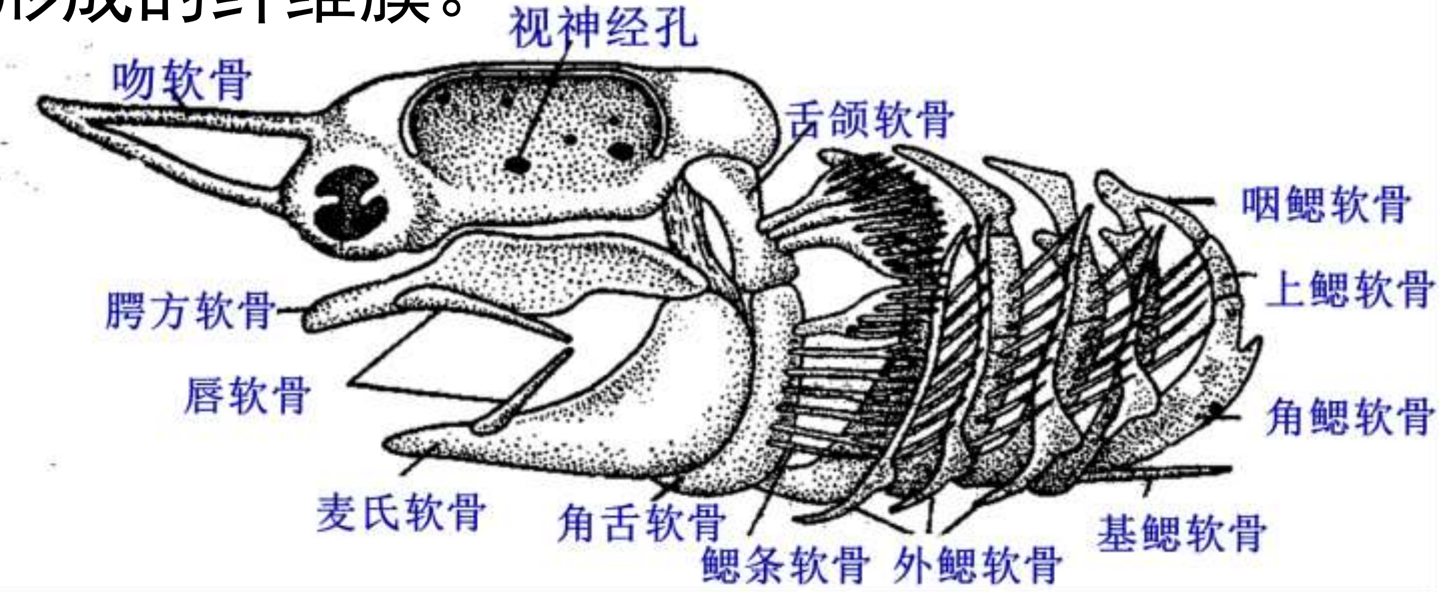
②头骨：

吻软骨 眼窝 听囊 舌颌软骨 鳃弓 腭方软骨（上颌） 麦氏软骨（下颌） 角鳃软骨 基舌软骨

脑颅　保护及嗅、视、听等感觉器官

咽颅　围绕消化管前段、支持颌、舌、鳃

软骨鱼脑颅只是一个软骨脑箱保护着脑部、无骨缝。在脑部的背前方留一孔——囟门，上覆以结缔组织形成的纤维膜。



咽颅
- 颌弓：1对，形成上下颌。
- 舌弓：1对。支持舌部。
- 鳃弓：5对。支持鳃

一、鱼纲的主要特征

3、骨骼系统

(1) 软骨鱼类：骨骼系统完全由软骨组成。

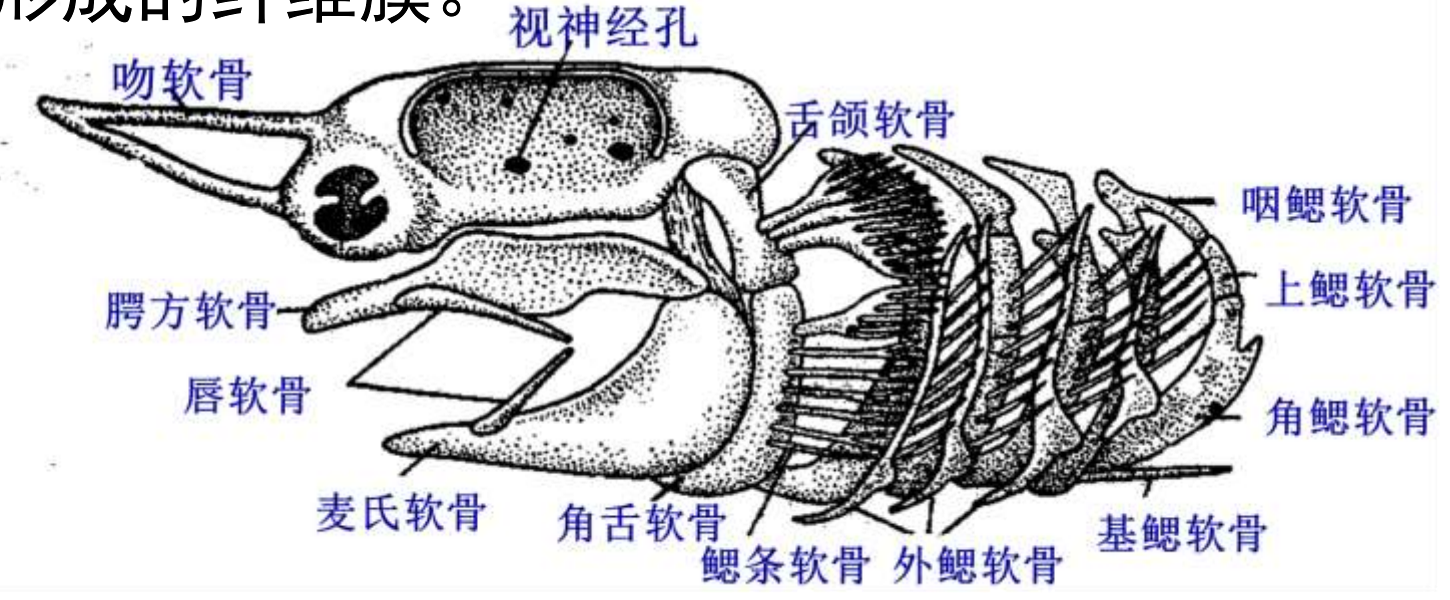
②头骨：

吻软骨 眼窝 听囊 舌颌软骨 鳃弓 腭方软骨(上颌) 麦氏软骨(下颌) 角鳃软骨 基舌软骨

脑颅　保护及嗅、视、听等感觉器官

咽颅　围绕消化管前段、支持颌、舌、鳃

软骨鱼脑颅只是一个软骨脑箱保护着脑部、无骨缝。在脑部的背前方留一孔——囟门，上覆以结缔组织形成的纤维膜。



咽颅
- 颌弓：1对，形成上下颌。
- 舌弓：　1对。支持舌部。
- 鳃弓：5对。　支持鳃

一、鱼纲的主要特征

3、骨骼系统

(1) 软骨鱼类：骨骼系统完全由软骨组成。

③附肢骨：

带骨　肩带（胸鳍）、腰带（腹鳍）

鳍骨　支鳍骨、鳍条

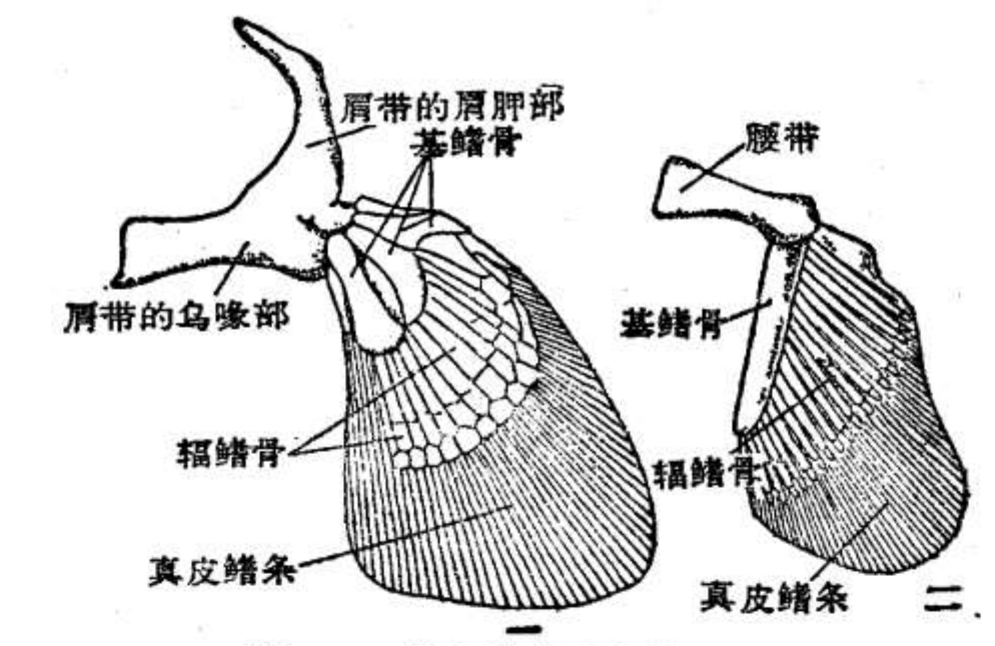


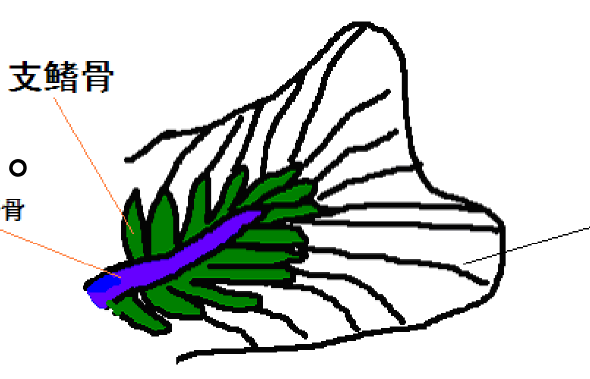
图 5-8　鲨鱼的带骨和偶鳍骨

一、肩带和胸鳍；二、腰带和腹鳍。

肩带：软骨鱼的肩带由一块软骨组成，分肩胛部和乌喙部。肩带不和头骨相连。

腰带：腰带比较简单，软骨鱼只有一根软骨棒，称坐耻棒。

鳍骨：奇鳍骨在尾部为由尾杆骨、支鳍骨和尾鳍条构成。在背鳍和臀鳍为由支鳍骨和鳍条（或棘）构成。



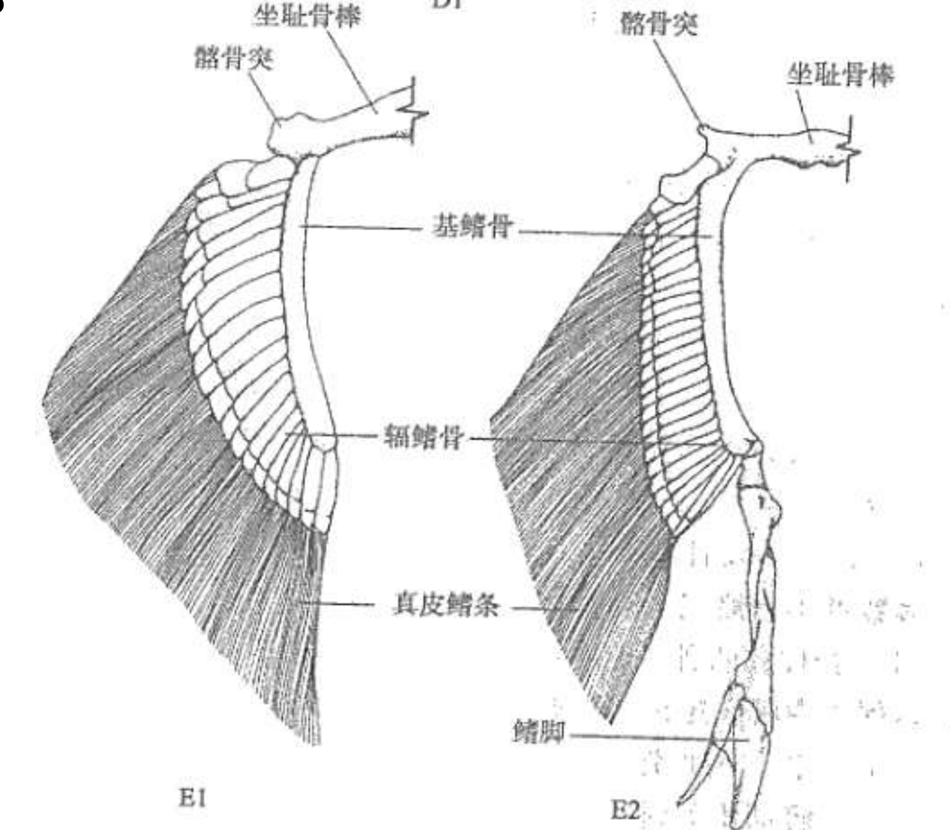
一、鱼纲的主要特征

3、骨骼系统

(1) 软骨鱼类：骨骼系统完全由软骨组成。

③附肢骨：

鳍脚：软骨鱼类雄性的交配器。为腹鳍的支鳍骨变形。



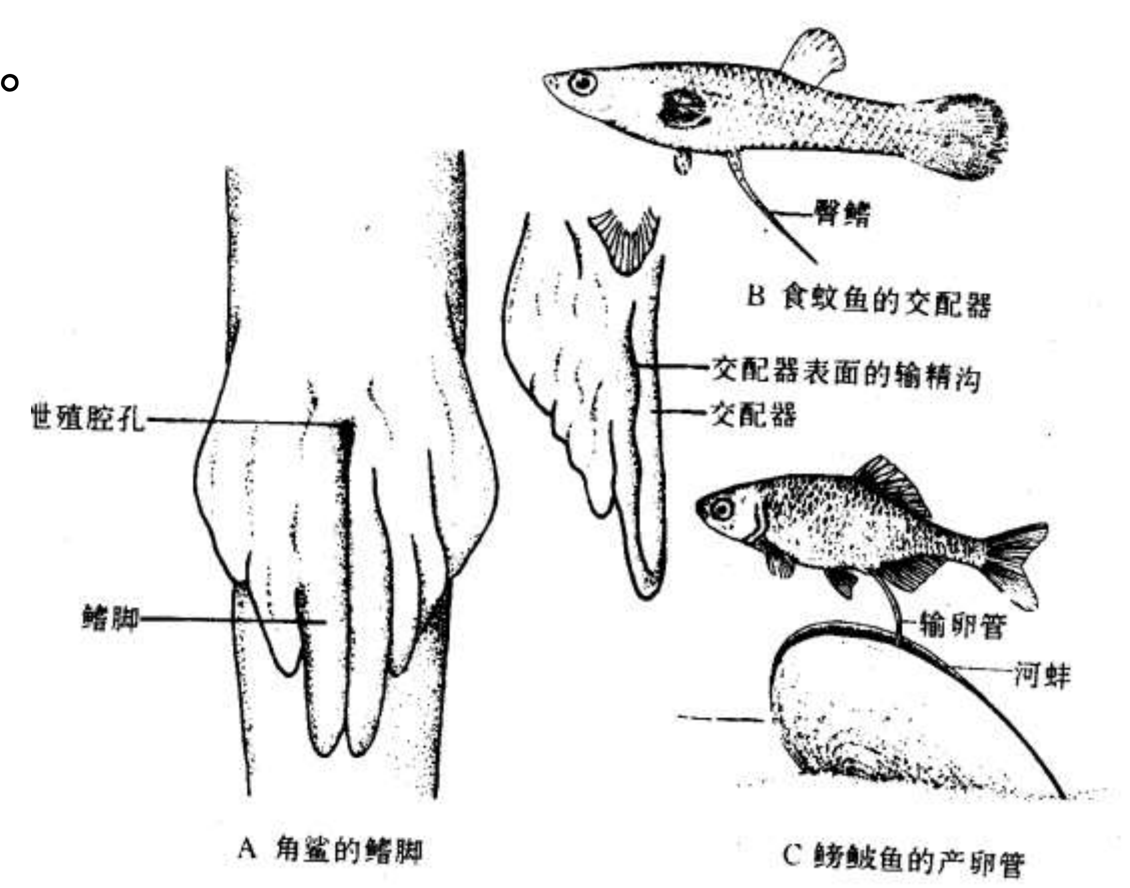


图 16－29　几种鱼的第一性征

（自曲漱蕙，Moyle 等）

一、鱼纲的主要特征

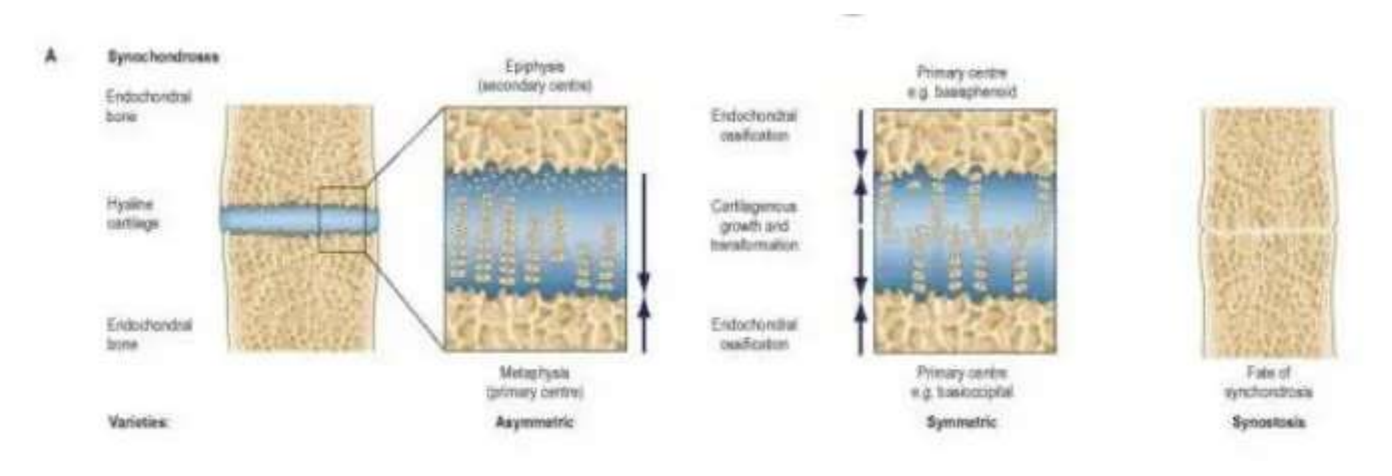
3、骨骼系统

(2) 硬骨鱼类：多数种类骨骼完全硬化

硬骨的形成方式

1、软骨化骨：又叫替代性骨，硬骨细胞破坏并取代软骨细胞所在的位置而形成的骨。脊柱骨和四肢骨全为替代性骨。

2、膜骨：又叫皮肤骨，扁平的在皮肤的真皮中形成的骨。无软骨阶段，鱼类仅分布在头部和肩带。



一、鱼纲的主要特征

3、骨骼系统

(2) 硬骨鱼类：多数种类骨骼完全硬化

①脊柱和肋骨：

鱼类的椎体为**双凹型**的，有念珠状脊索残余。

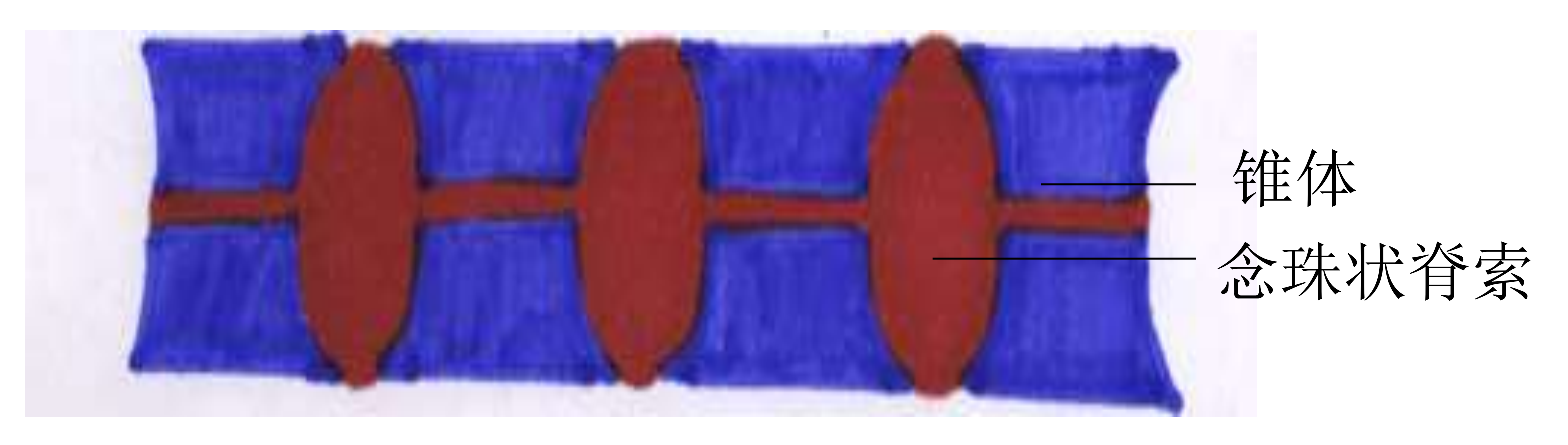
前后关节突不作关节，椎体之间靠结缔组织相连。

这种椎体活动范围小。

脊柱只分躯干椎和尾椎。

注意：这种椎体不结实，支撑力非常差。但适应于水生生活



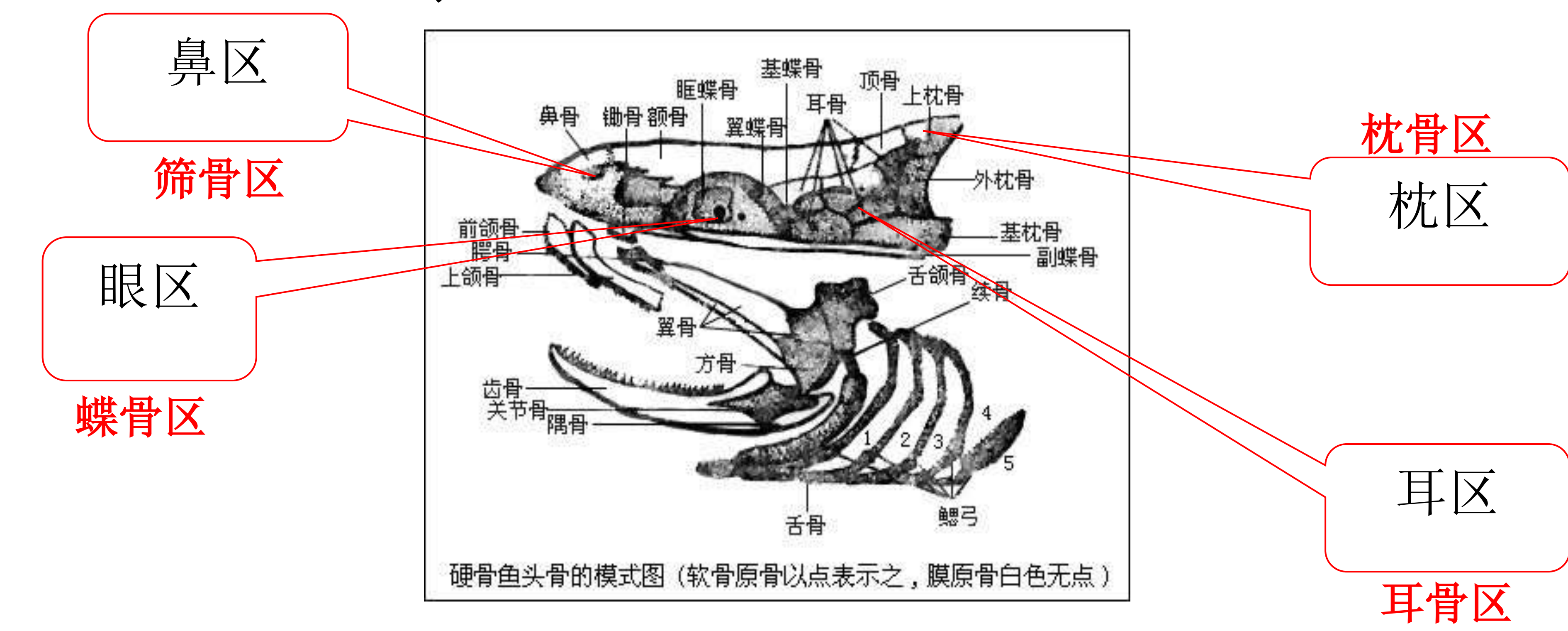


一、鱼纲的主要特征

3、骨骼系统

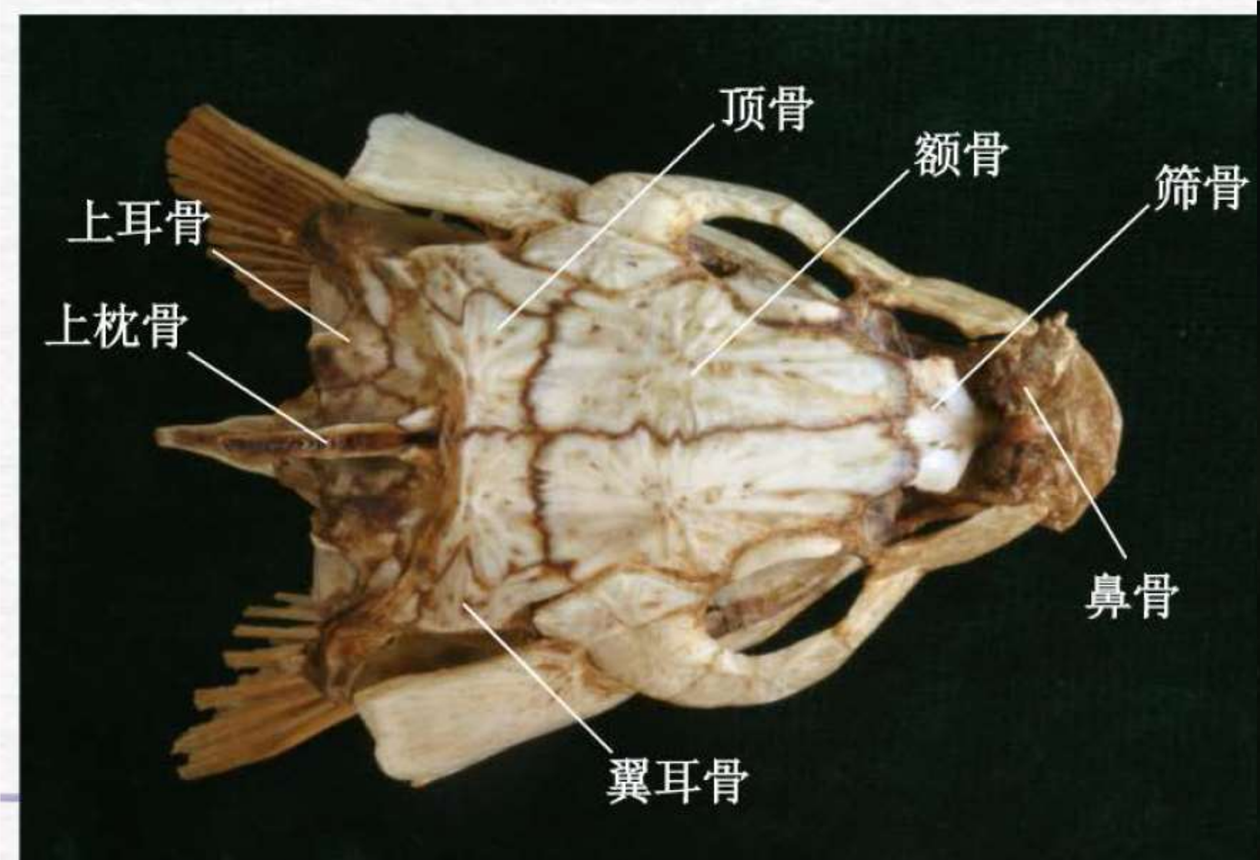
(2) 硬骨鱼类：多数种类骨骼完全硬化

②头骨：头骨片增加并复杂化。脑颅在软骨的基础上骨化成许多骨片，并在顶部、后部和腹部覆盖新的硬骨骨片，骨块数多于脊椎动物中的任何一纲。 一部分软骨性硬骨，另一部分膜性硬骨。

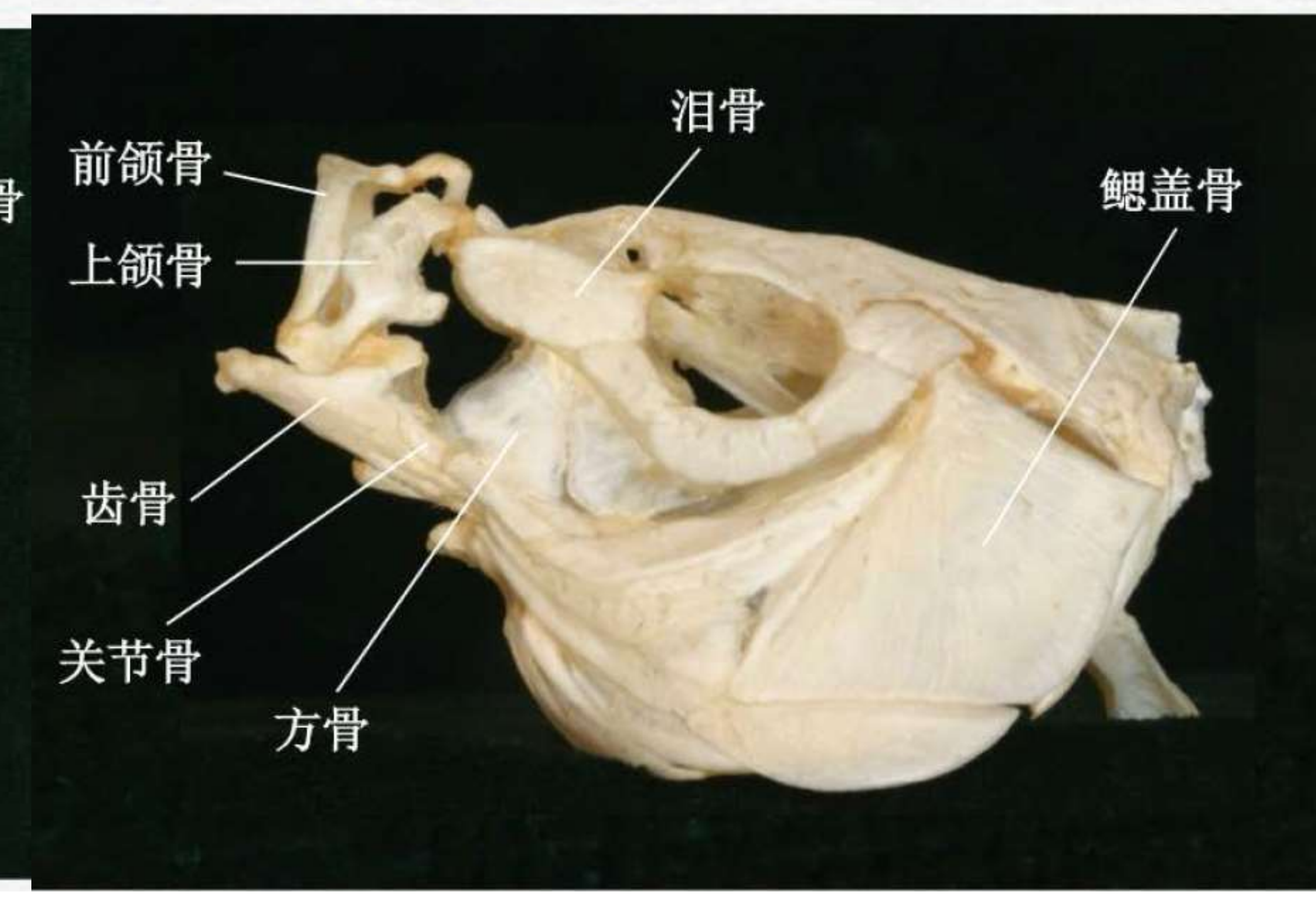


硬骨鱼头骨的模式图（软骨原骨以点表示之，膜原骨白色无点）

硬骨鱼头骨：背面观



硬骨鱼头骨：侧面观



一、鱼纲的主要特征

3、骨骼系统

(2) 硬骨鱼类：多数种类骨骼完全硬化

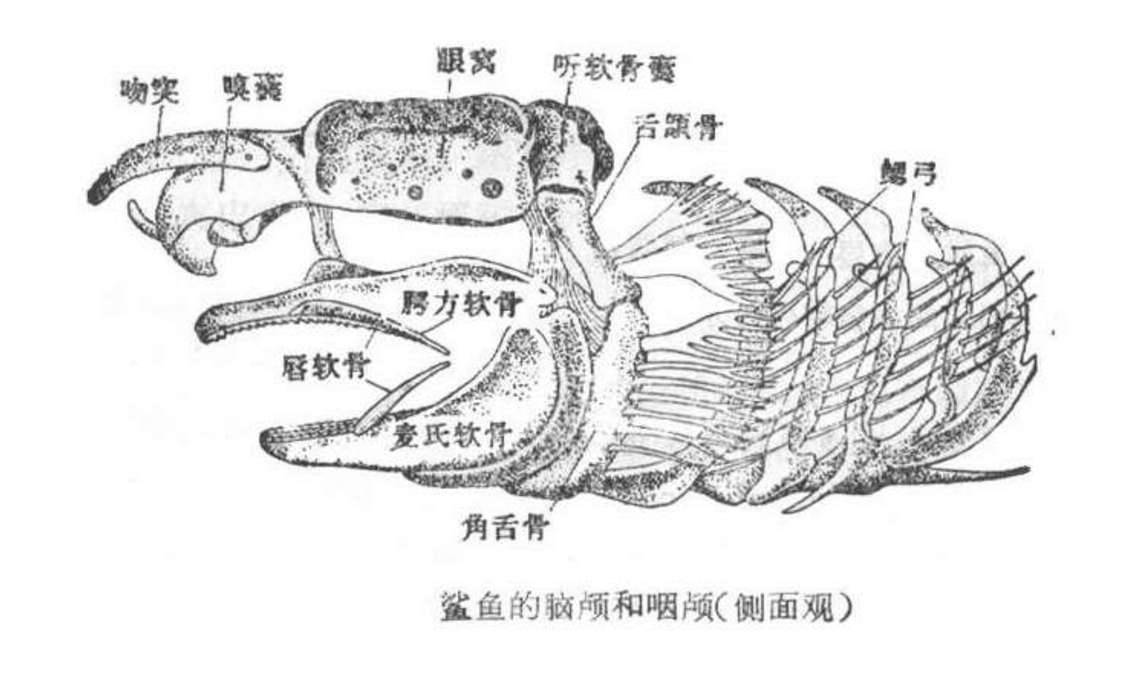
硬骨鱼以上的动物产生了次生颌。

②头骨——咽颅

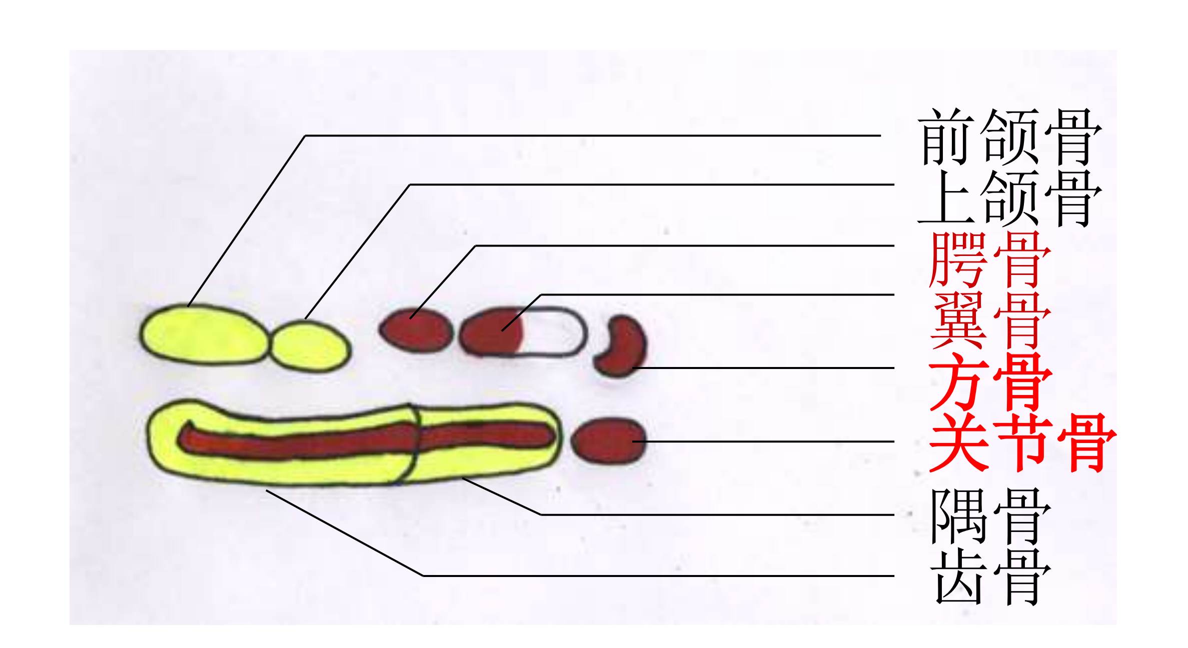
颌弓：第一对咽弓➞上颌（前颌骨+上颌骨）和下颌（齿骨隅骨）：次生颌

原来的腭方软骨向后移，并骨化成软骨性硬骨的腭骨、翼骨和方骨。

麦氏软骨骨化为关节骨。



鲨鱼的脑颅和咽颅(侧面观)



一、鱼纲的主要特征

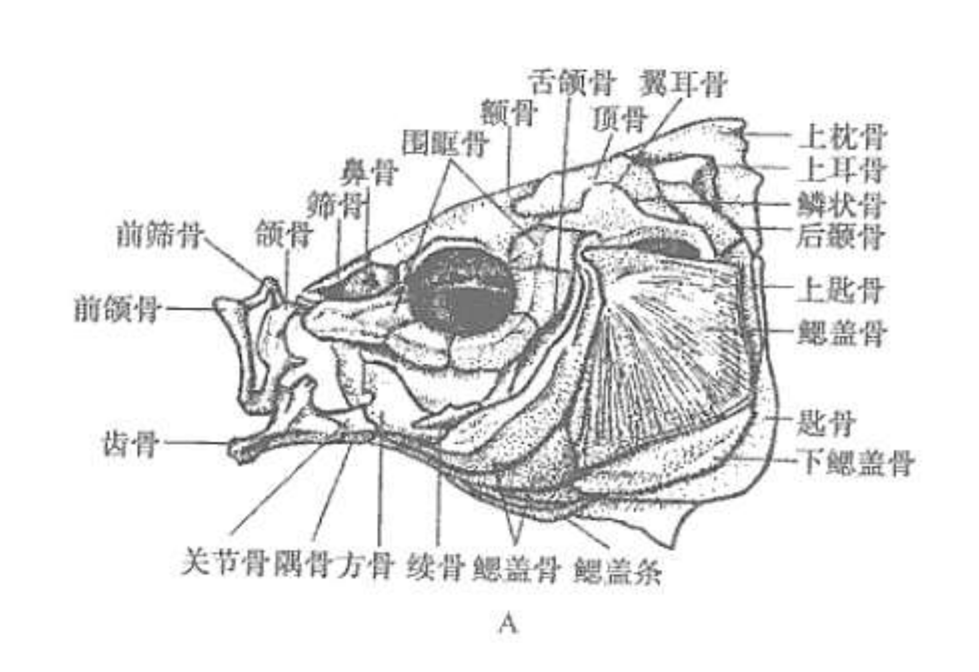
3、骨骼系统

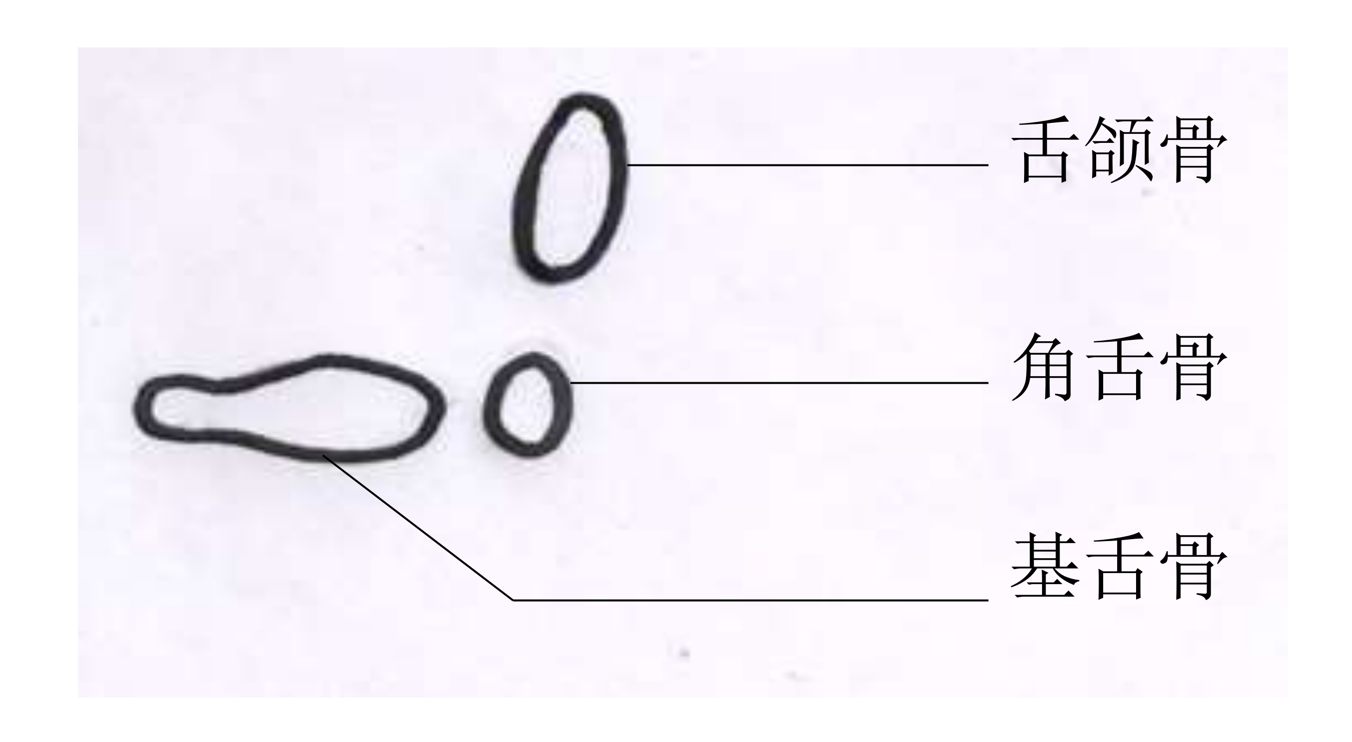
(2)硬骨鱼类：多数种类骨骼完全硬化

②头骨——咽颅

舌弓：支持舌和把上下颌联到头骨，起悬挂器的作用。

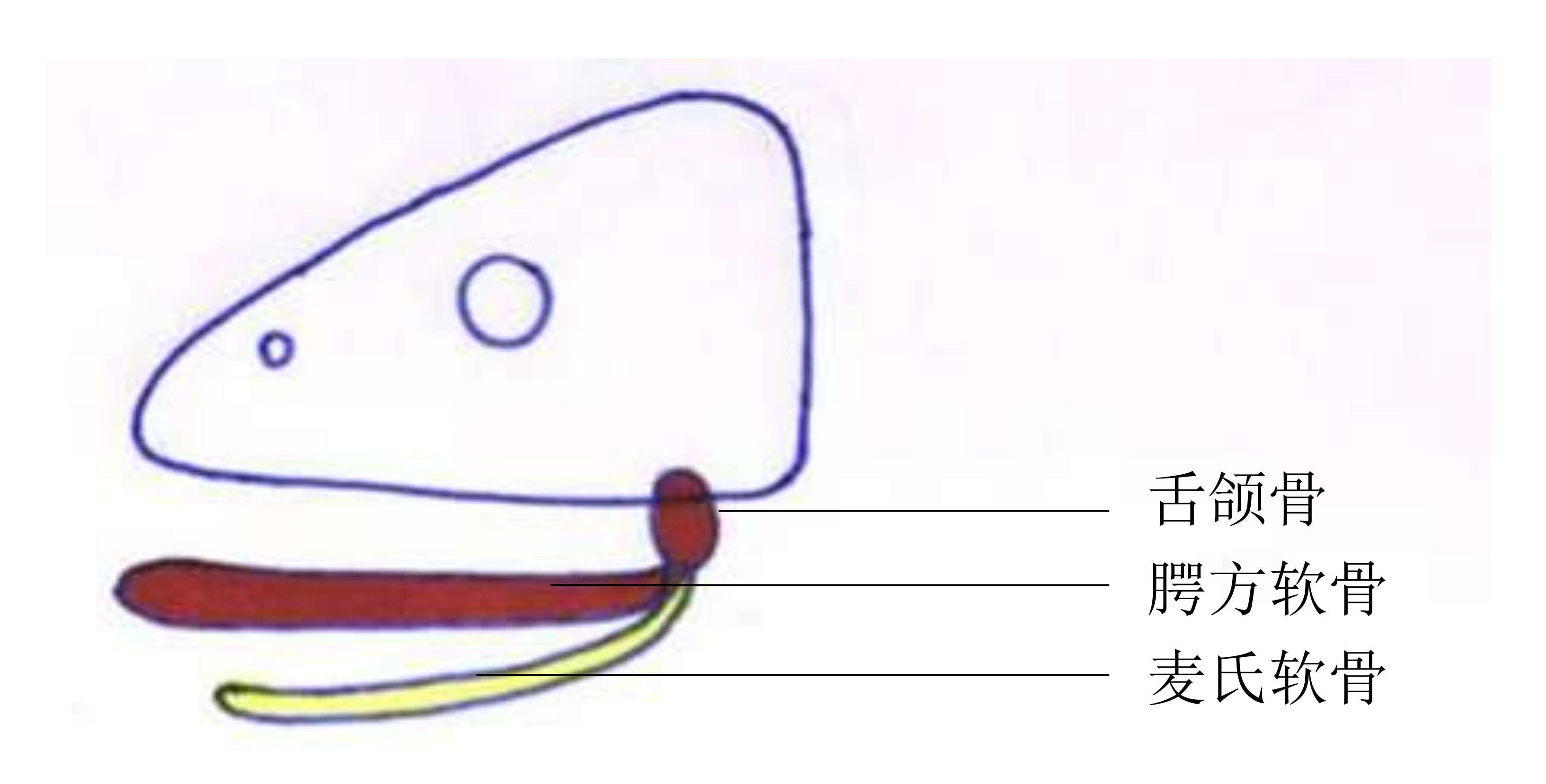
包括：1 块基舌骨、1 对角舌骨、1 对舌颌骨。





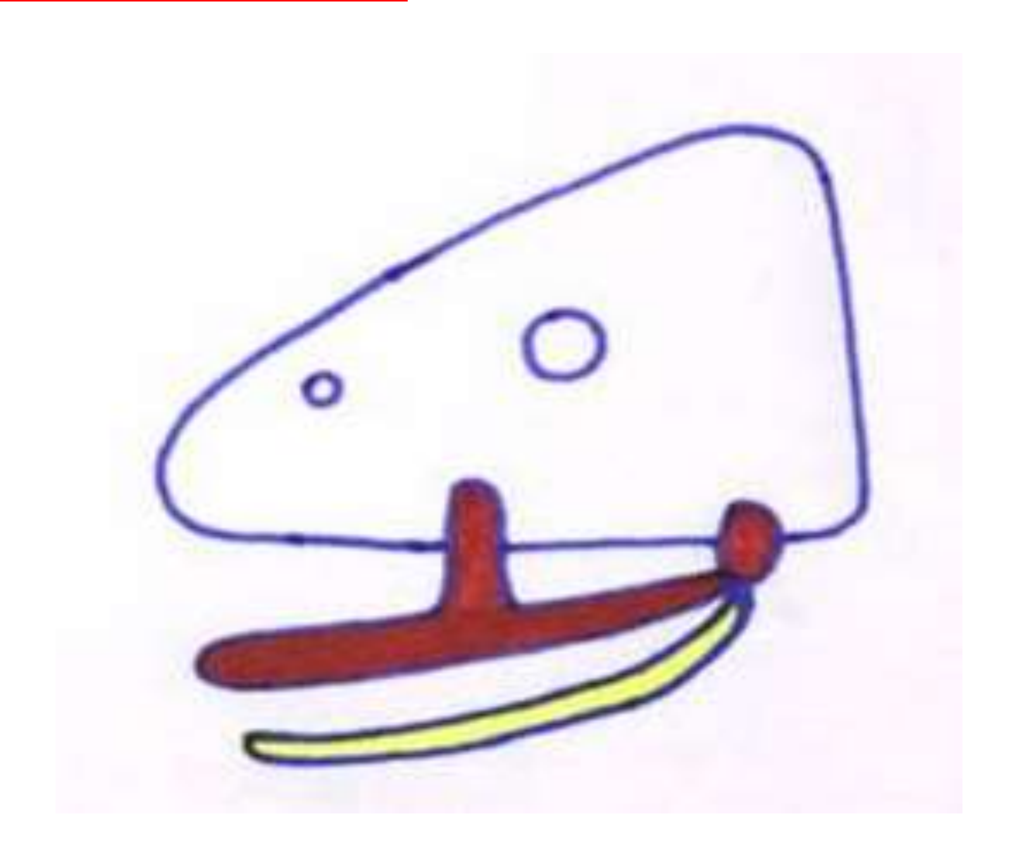
颌弓与脑颅的连接方式：

a、舌联式：以舌颌骨作悬器，将上下颌连于头骨。少数软骨鱼和大多数硬骨鱼是此种连接方式。



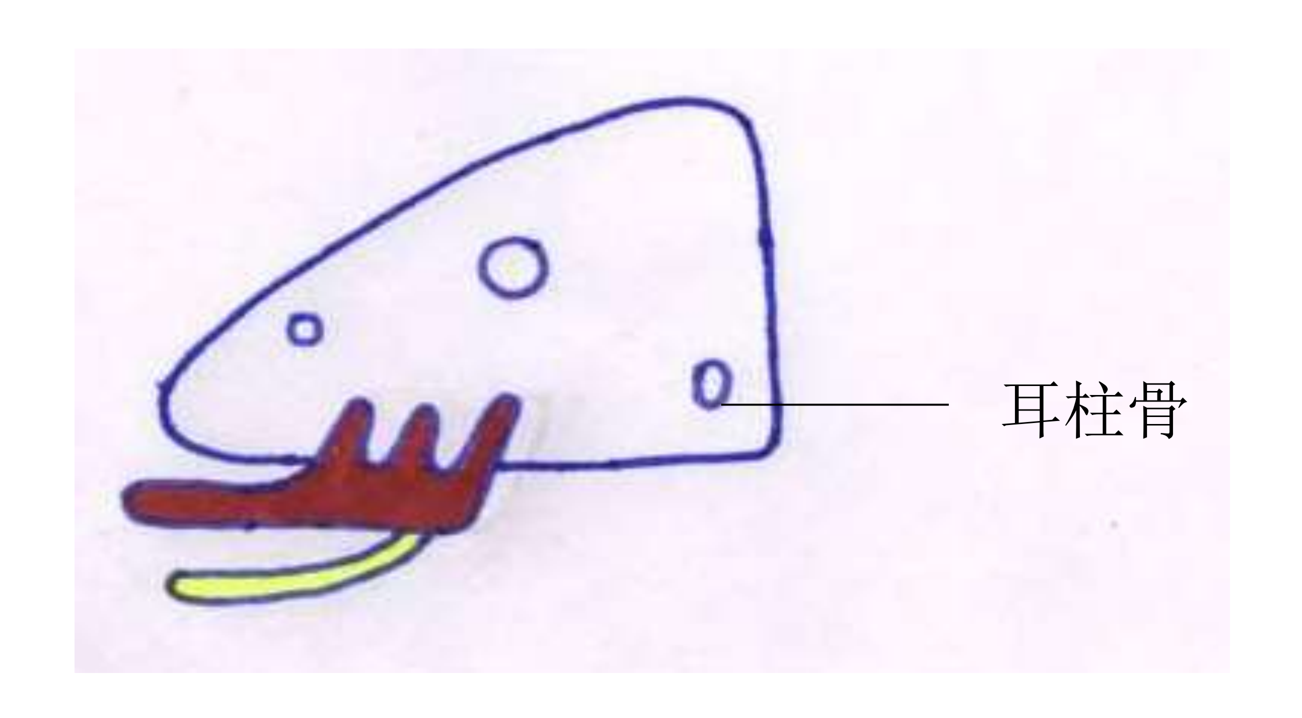
颌弓与脑颅的连接方式：

b、双联式：腭方软骨本身伸出突起和头骨连接，同时又以舌颌骨与脑颅连接。见于原始的软骨鱼。



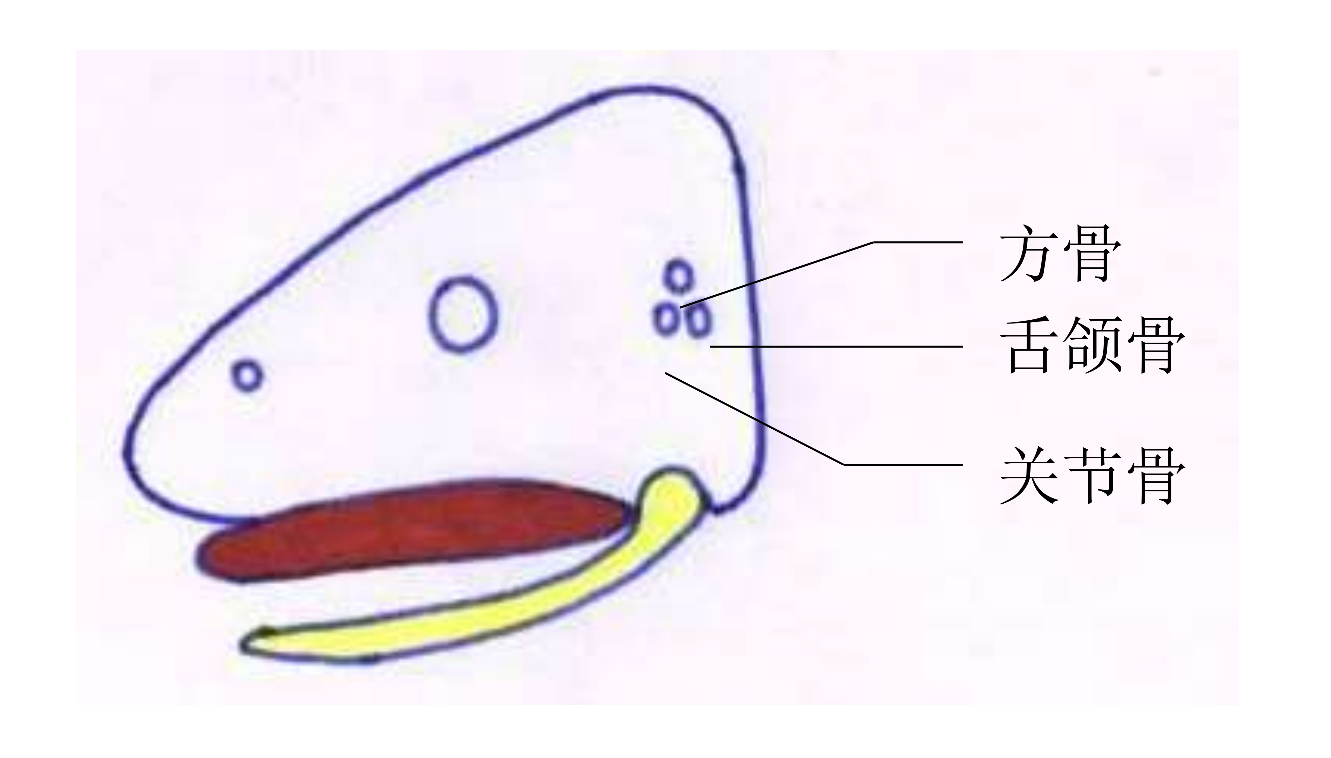
颌弓与脑颅的连接方式：

c、自联式：腭方软骨直接以三个突起和头骨连接，舌颌骨演化为听骨。肺鱼和两栖类以上的动物都属此种。



颌弓与脑颅的连接方式：

d、颅接式：上下颌都直接和头骨相联，舌颌骨、方骨和关节骨转入中耳。哺乳类属此种。



一、鱼纲的主要特征

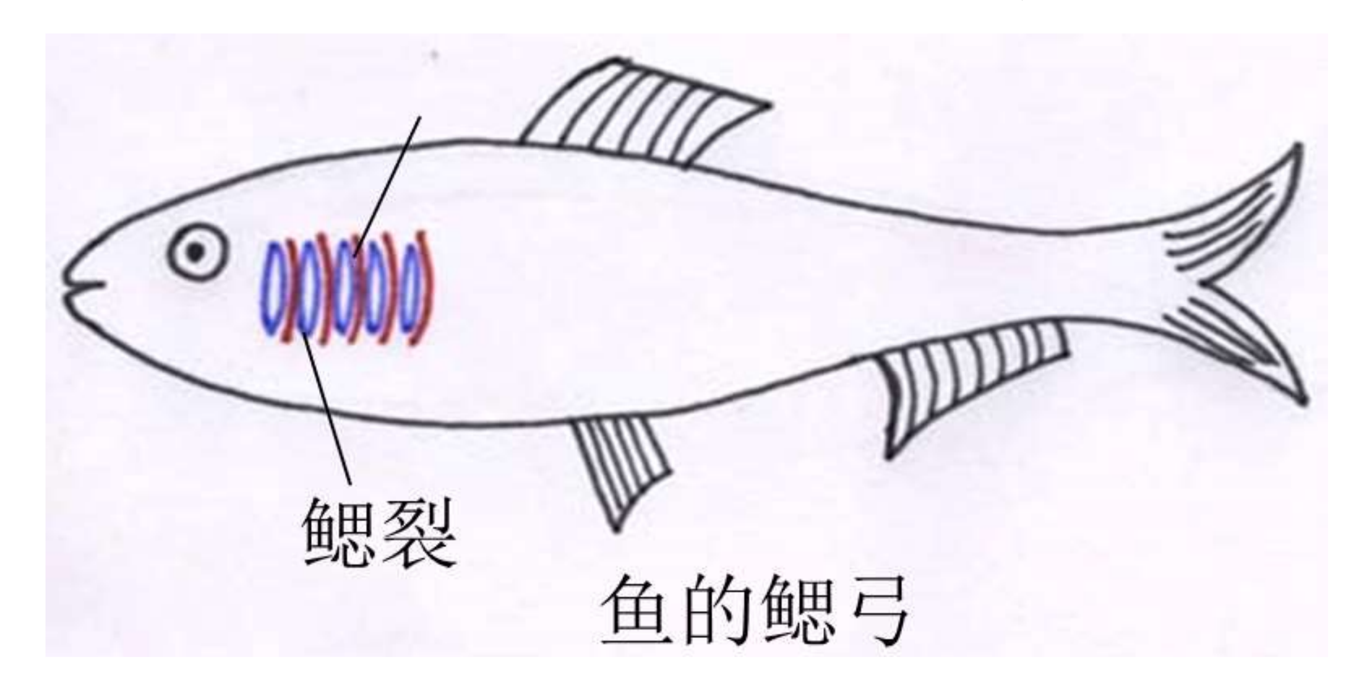
3、骨骼系统

(2) 硬骨鱼类：多数种类骨骼完全硬化

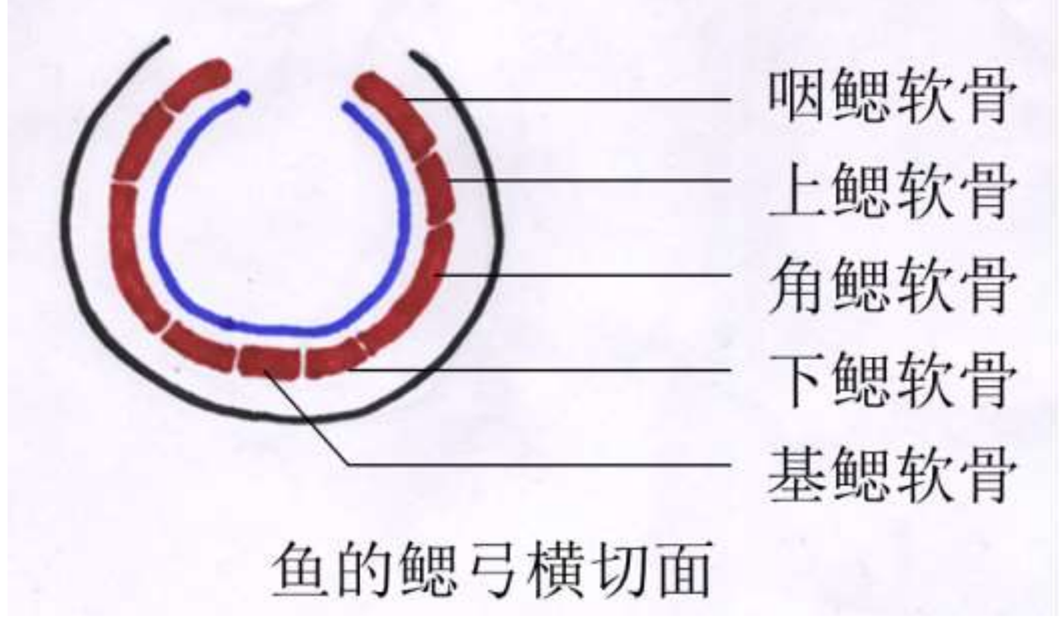
②头骨——咽颅

鳃弓：第3-7对咽弓。

每对鳃弓基本上是由成对的咽鳃骨、上鳃骨、角鳃骨、下鳃骨和单块的基鳃骨组成。位于鳃间隔中，附着鳃丝，支持鳃。



鱼的鳃弓



鱼的鳃弓横切面

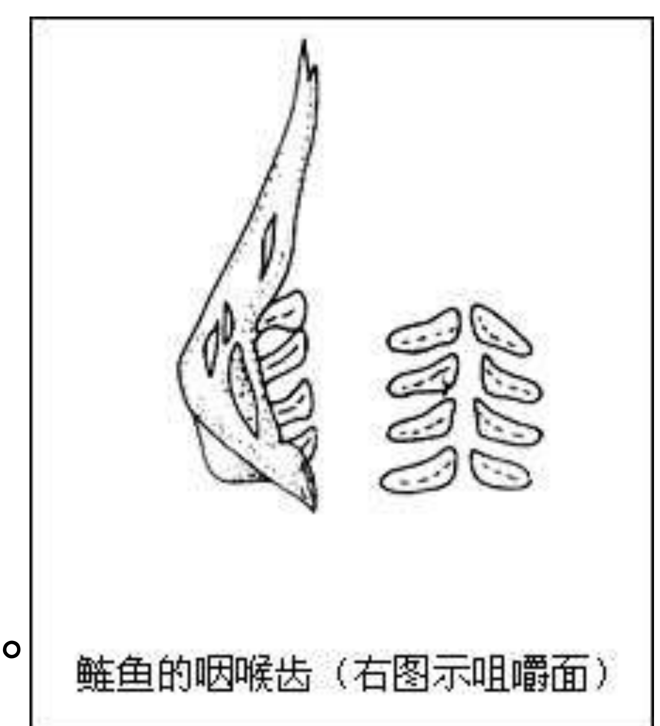
一、鱼纲的主要特征

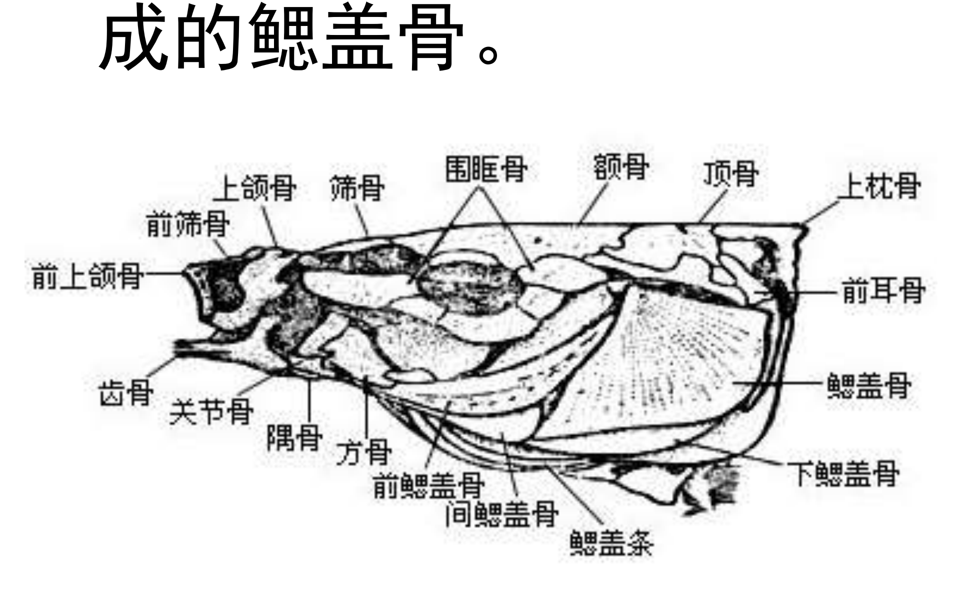
3、骨骼系统

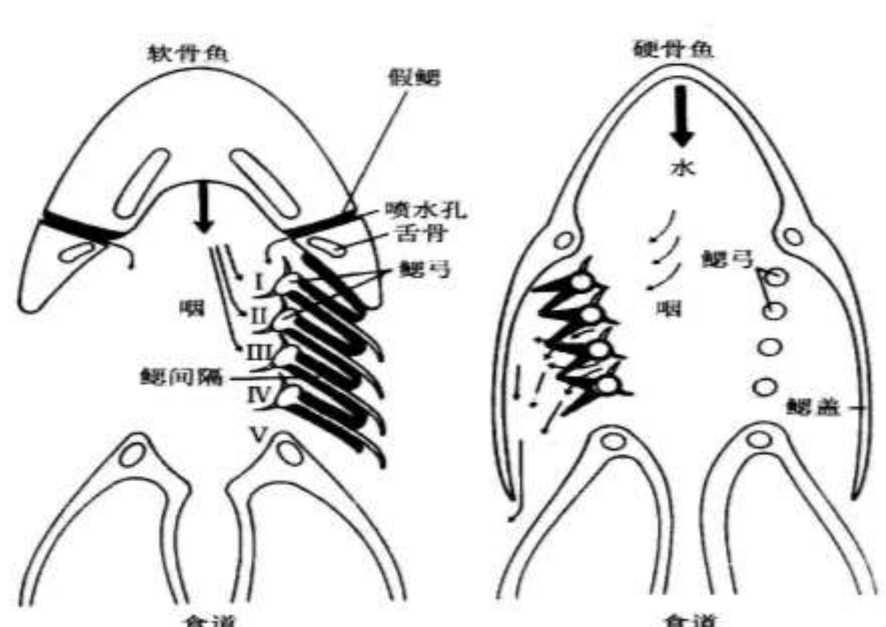
(2) 硬骨鱼类：多数种类骨骼完全硬化

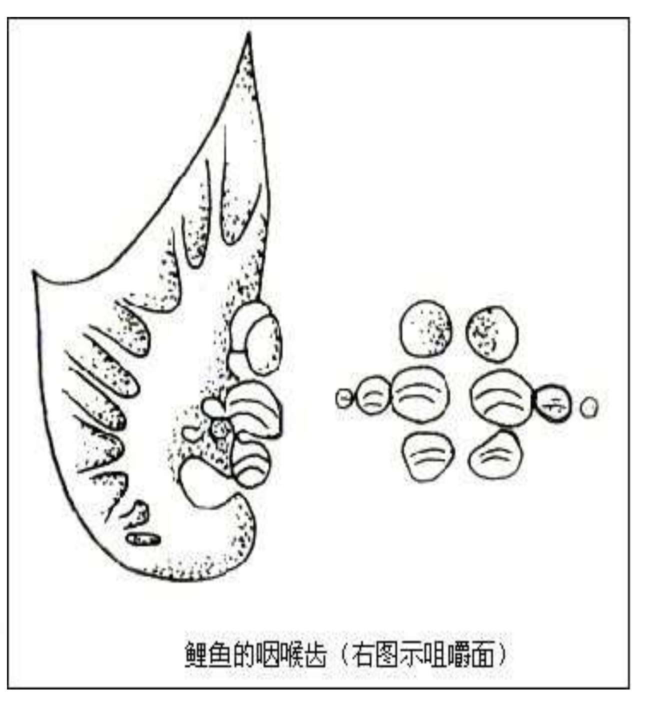
②头骨——咽颅

鳃弓：硬骨鱼的最后一对鳃弓不发达，不具鳃，可长咽喉齿。与基枕骨腹面的角质垫相互研磨以嚼碎食物。覆盖在鳃弓外侧并构成鳃腔的是由3-4块膜质骨片组成的鳃盖骨。


鲢鱼的咽喉齿（右图示咀嚼面）






鲤鱼的咽喉齿（右图示咀嚼面）

一、鱼纲的主要特征

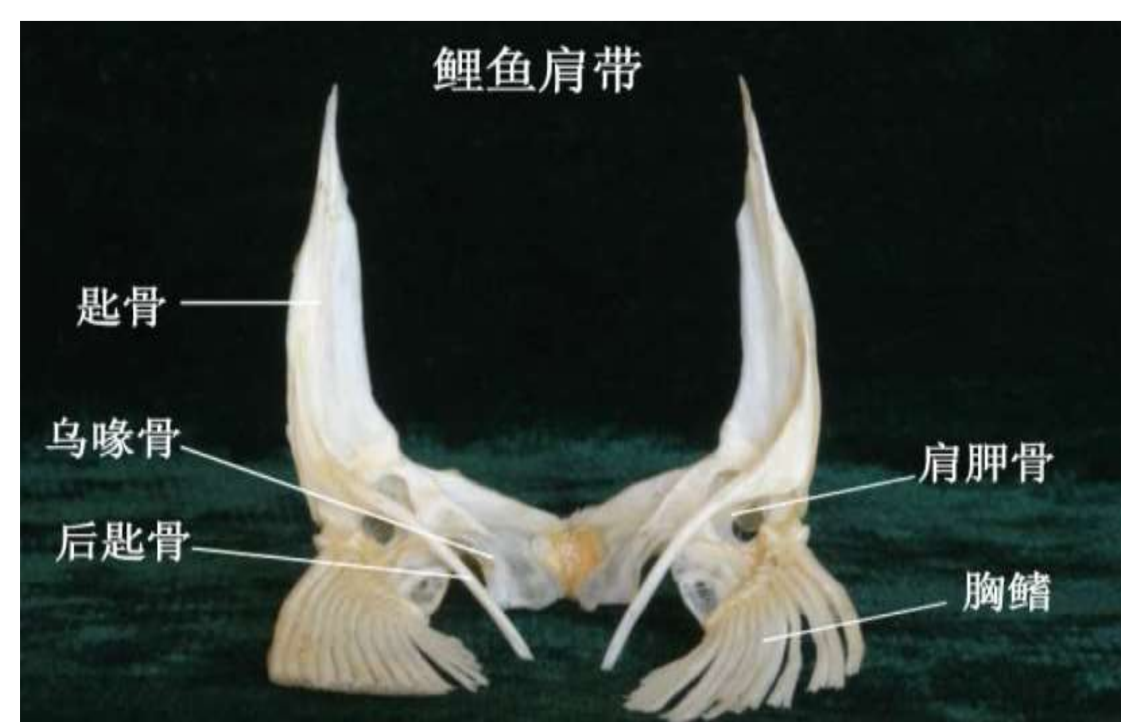
3、骨骼系统

(2) 硬骨鱼类：多数种类骨骼完全硬化

③附肢骨——带骨

肩带： 由肩胛骨、乌喙骨、匙骨、上匙骨和后匙骨。上匙骨和头骨相连。

腰带：一对无名骨。不和中轴骨相连。



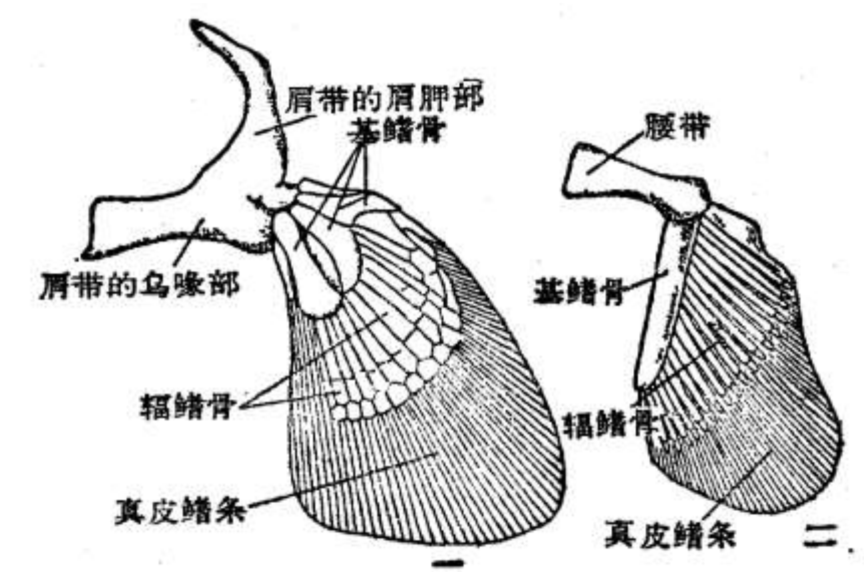


图 5-8 鲨鱼的带骨和偶鳍骨



一、鱼纲的主要特征

4、肌肉系统

软骨鱼类和硬骨鱼类的肌肉系统基本相似。 全身肌肉可分为4大部分：

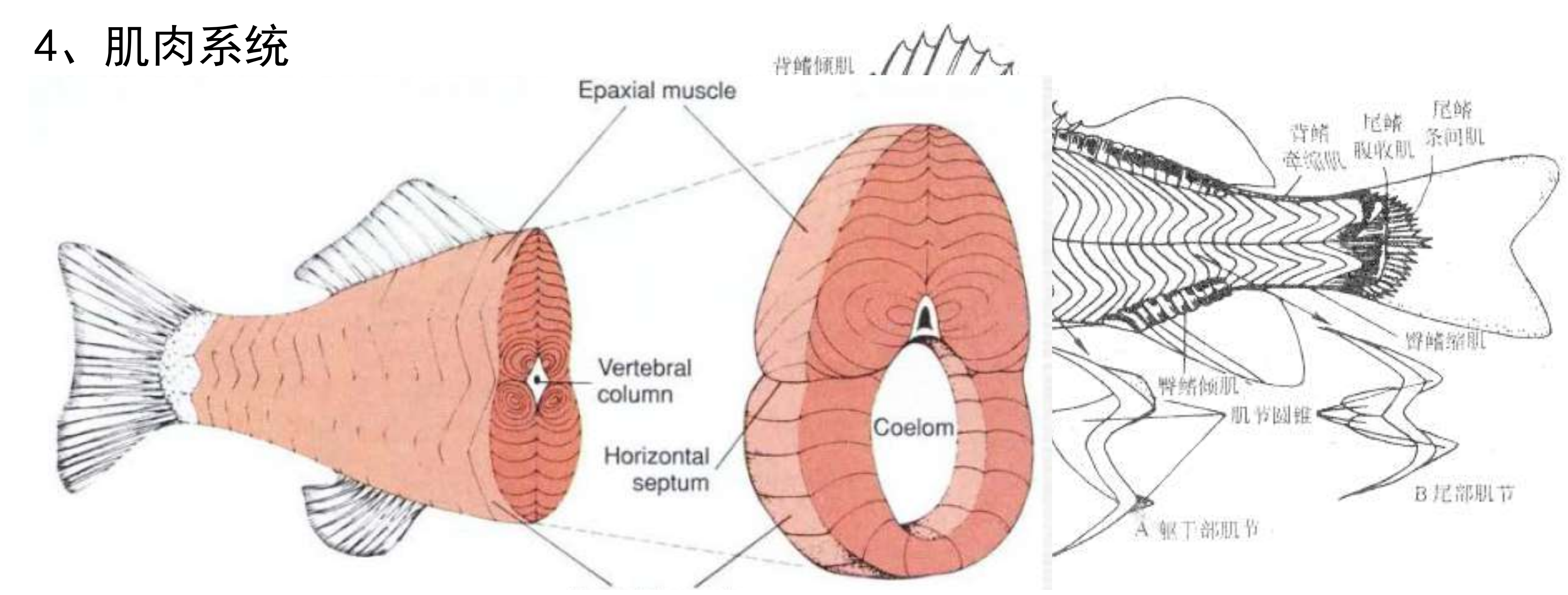
- 头部肌肉、躯干肌、附肢肌（鳍肌）、发电器官



动物所有的运动，神经控制的活动都是由神经支配、肌肉收缩和舒张的牵拉来完成的。

一、鱼纲的主要特征

4、肌肉系统

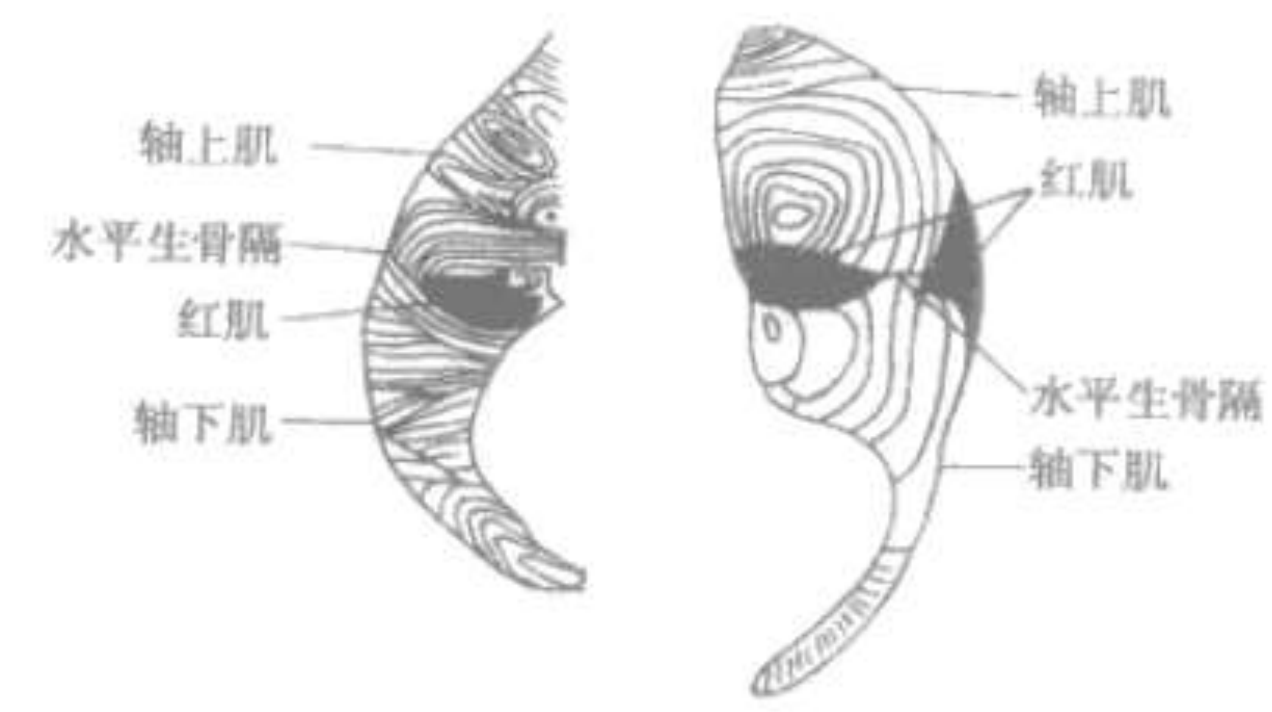


鱼类的轴上肌发达，轴下肌较薄。借助于连续的肌节收缩与舒张，使收缩波传向尾部，尾部将收缩的力传给水，这个力被水以同等大小但方向相反的反作用力作用于尾部，是鱼类向前运动的主要推进力。

多数鱼类的肌肉可区分为性质和功能不同的２种肌肉：红肌、白肌。

红肌：因肌肉内含有肌红蛋白和血液而显暗红色，能作长时间游泳的鱼类大多具有发达的红肌。

白肌：行乏氧代谢，是鱼产生急速行动的物质基础。



一、鱼纲的主要特征

4、肌肉系统

(2) 头部肌肉——包括五大部块

①眼肌（每个眼球有6条眼肌：上下直肌、内直肌、下斜肌、上斜肌、外斜肌。这些眼肌的收缩，可使鱼的眼球向不同方向转动）是很稳定的肌肉，在脊椎动物各纲中基本一致。

②鳃节肌（控制上下颌的开、关，腮盖活动和取食、呼吸动作）（咽弓上）

③咬肌，颏舌骨肌、下颌收肌（控制鱼口的闭合）

④调控鳃盖闭合的肌肉：鳃盖开肌、鳃盖提肌、舌颌提肌、鳃盖收肌、腮条骨舌肌。

⑤颉颃肌：能有规律的交错收缩和宽息，支配口的闭合，鳃盖的开关和腮弓活动，是水流不间断的进入鱼口内和由鳃孔排出，完成摄食和呼吸动作。

一、鱼纲的主要特征

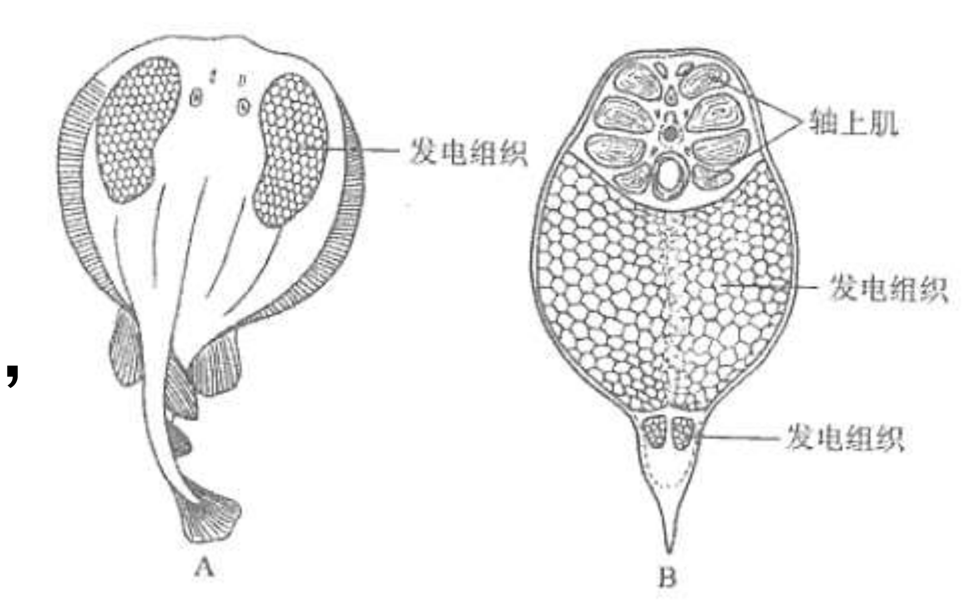
4、肌肉系统

(3)发电器官

有些鱼类的轴下肌或鳃节肌演变为发电器官，能储存和放出电，与防御、攻击、定位及求偶等活动有关。

发电器官内含大量电板，每一个电板是一个特化的多核肌细胞。例如软骨鱼类的电鳐科和硬骨鱼类的电鳗科等具有这样的发电器官。电鳐的发电器官位于胸鳍内侧，由鳃节肌演变，放电量为100V。电鳗的发电器官位于尾部，来自轴下肌，电压可达500-600V。

但并非所有的发电器官都是肌肉演变的，产于非洲的电鲇的发电器官就是特化的皮肤腺。

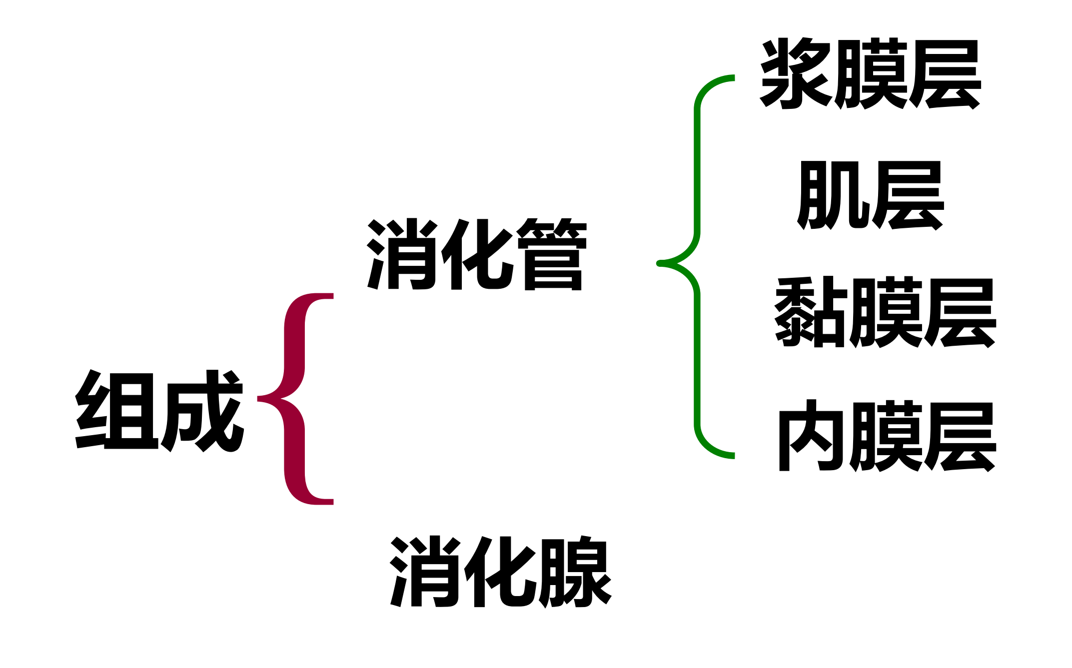


■图 17－9　几种鱼类的发电器官

A. 电鳐（*Torpedo*）背面，皮肤已移去；B. 南美电鳗（*Cymnotus*）尾部横切面

一、鱼纲的主要特征

5、消化系统



消化管中最内层的黏膜和其衍生物为内胚层原肠形成，其他部分由中胚层形成。鱼类开始出现上、下颌，是取食、攻击和防御的器官。它促进了运动器官、感觉器官、神经系统和其他相关器官的发展，从而带动了动物体制结构的全面进化。

一、鱼纲的主要特征

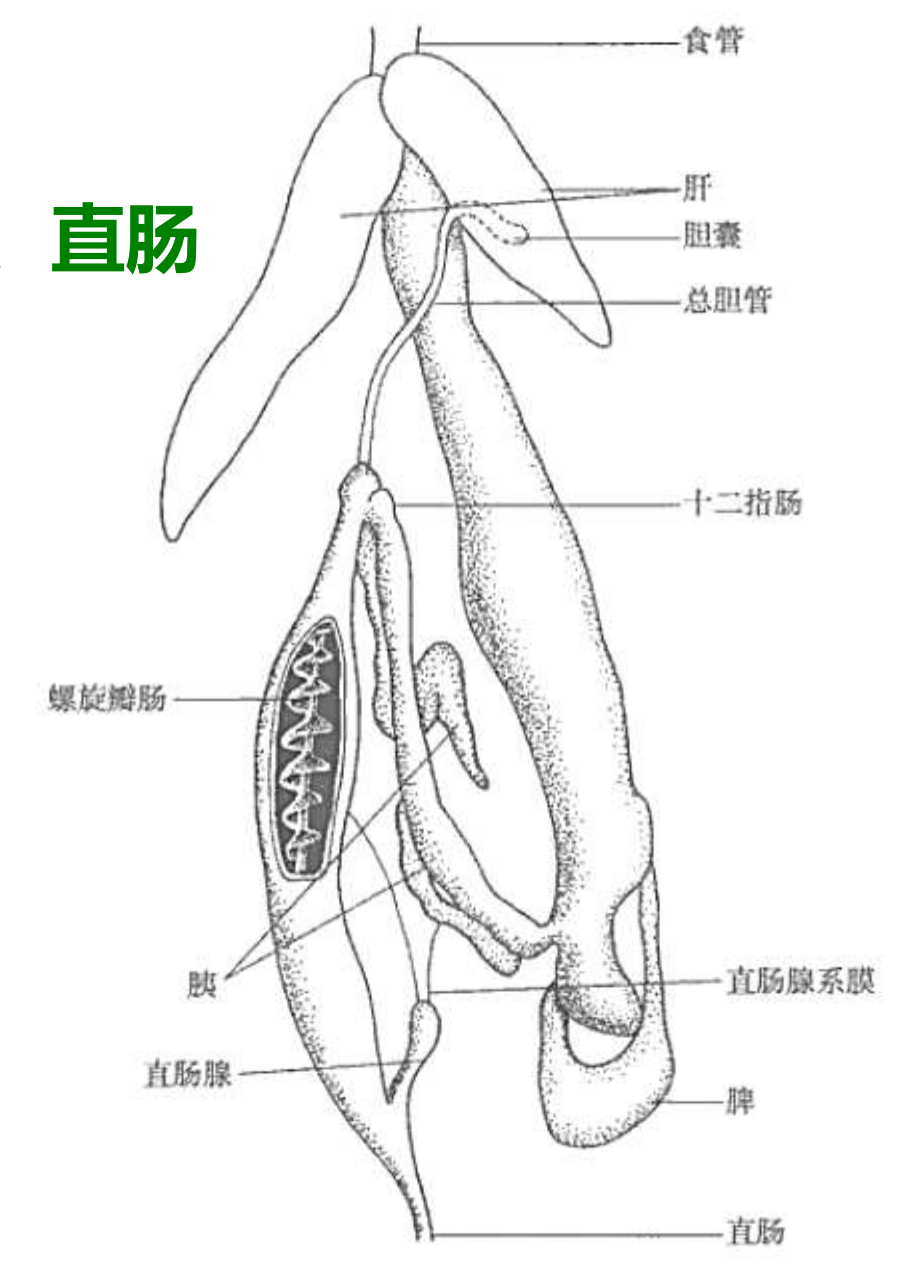
5、消化系统

(1) 软骨鱼类　　消化管：**十二指肠、螺旋瓣肠、直肠**

口腔、咽、食道、胃、肠、泄殖腔

颌缘具齿，用于捕捉咬住食物。舌不能活动。口腔上皮富含单细胞黏液腺。咽的侧壁被喷水孔和后方的 5 对鳃所洞穿，咽后连接短的食管。

水经咽两侧的鳃裂流出，食物经咽进入食管。胃“J”形，是消化管最膨大的部分前、后以贲门和幽门分别与食管及肠相接。



■ 图 17－10　白斑角鲨（*Squalus acanthias*）的内部解剖

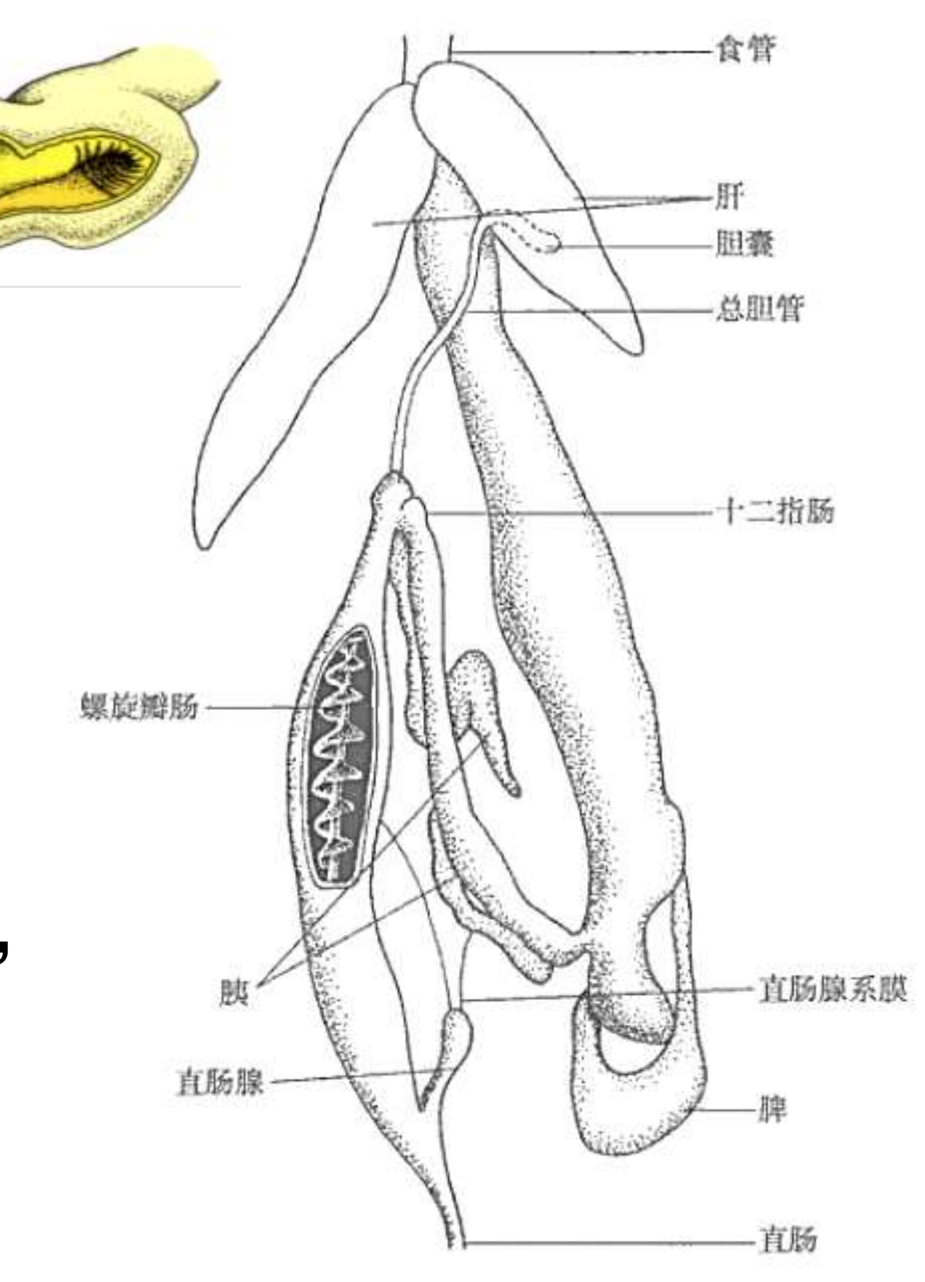
一、鱼纲的主要特征

5、消化系统

(1) 软骨鱼类

十二指肠很短，与胃的幽门相接。螺旋瓣肠内有肠壁突出形成的螺旋瓣以增加肠的消化吸收的面积，延缓食物团向下的移动。直肠短而细，开口于略为膨大的泄殖腔。直肠的背面有直肠腺，分泌高浓度氯化钠溶液，是软骨鱼的肾外排盐结构，可排出体内多余盐分。

泄殖腔接纳直肠、输尿管和生殖管的开口，是排遗、排尿和生殖管道的共同通道，以泄殖腔孔开口体外。



■ 图 17－10 白斑角鲨（*Squalus acanthias*）的内部解剖

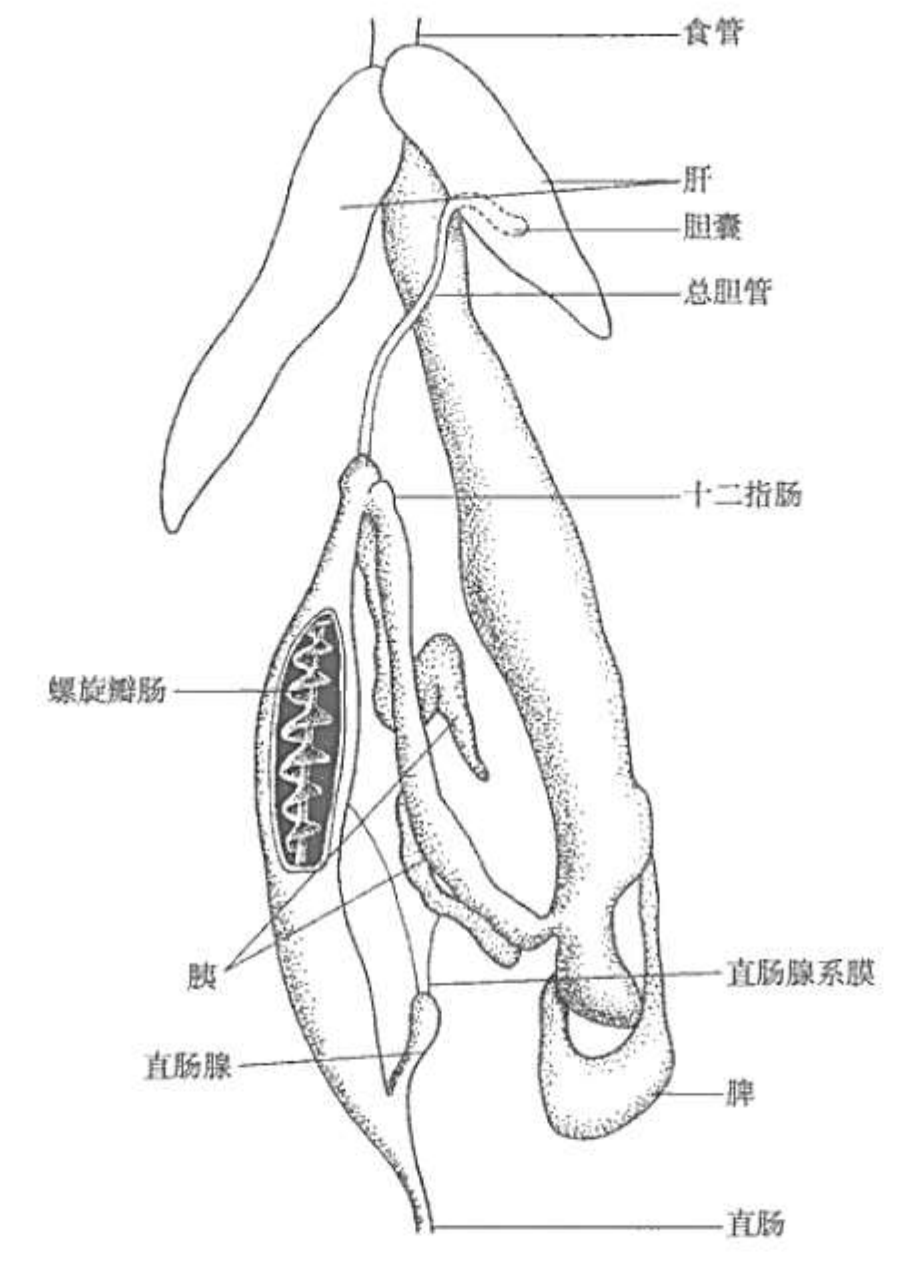
一、鱼纲的主要特征

5、消化系统

(1)软骨鱼类

鲨鱼的消化腺包括肝和胰。肝大，占体重的20% -25%，含有大量油脂(占肝重的75%)，使鱼体密度(0.95g/mL)稍低于海水的密度(1.03g/mL)，在调节鱼体密度方面起着重要作用。

胆囊储存肝分泌的胆汁，以胆管通入小肠前部。胰位于十二指肠与胃之间的肠系膜上分泌的胰液由胰管通人十二指肠。



■ 图 17－10 白斑角鲨 (*Squalus acanthias*) 的内部解剖

一、鱼纲的主要特征

5、消化系统

(2) 硬骨鱼类

消化管：口腔、咽、食道、胃、肠、肛门

消化腺 弥散的肝胰脏

硬骨鱼类齿种类多样，舌不能活动。咽部被5对鳃裂洞穿而通到鳃腔。鳃内侧有两排并列的骨质突起，称鳃耙，是阻拦食物和沙粒随水流出鳃裂的滤食结构，也有保护作用。

鳃耙的长短和疏密程度与鱼的食性有关，肉食性鱼类的鳃耙短而疏；以游生物为食的鱼类，鳃耙细长而稠密，形成筛网状以滤过微小的食物。

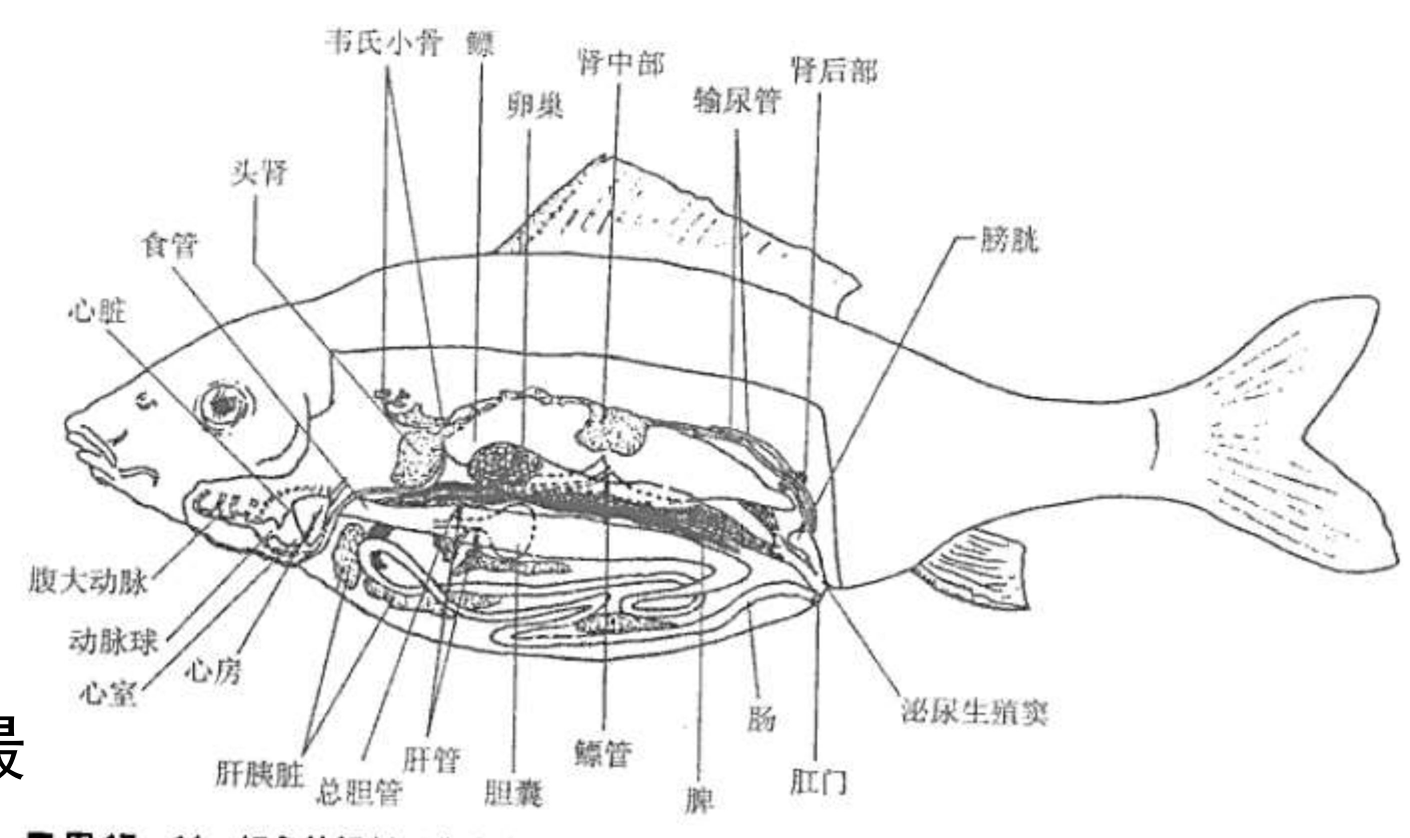


一、鱼纲的主要特征

5、消化系统

(2)硬骨鱼类

食管很短，直接通肠部。鲤鱼没有胃的分化（消化管较为膨大的部分），大、小肠也没有明显区别。肠管较长，在胸腹腔内迂回盘旋，为体长的 2-3 倍，最后以肛门结束。



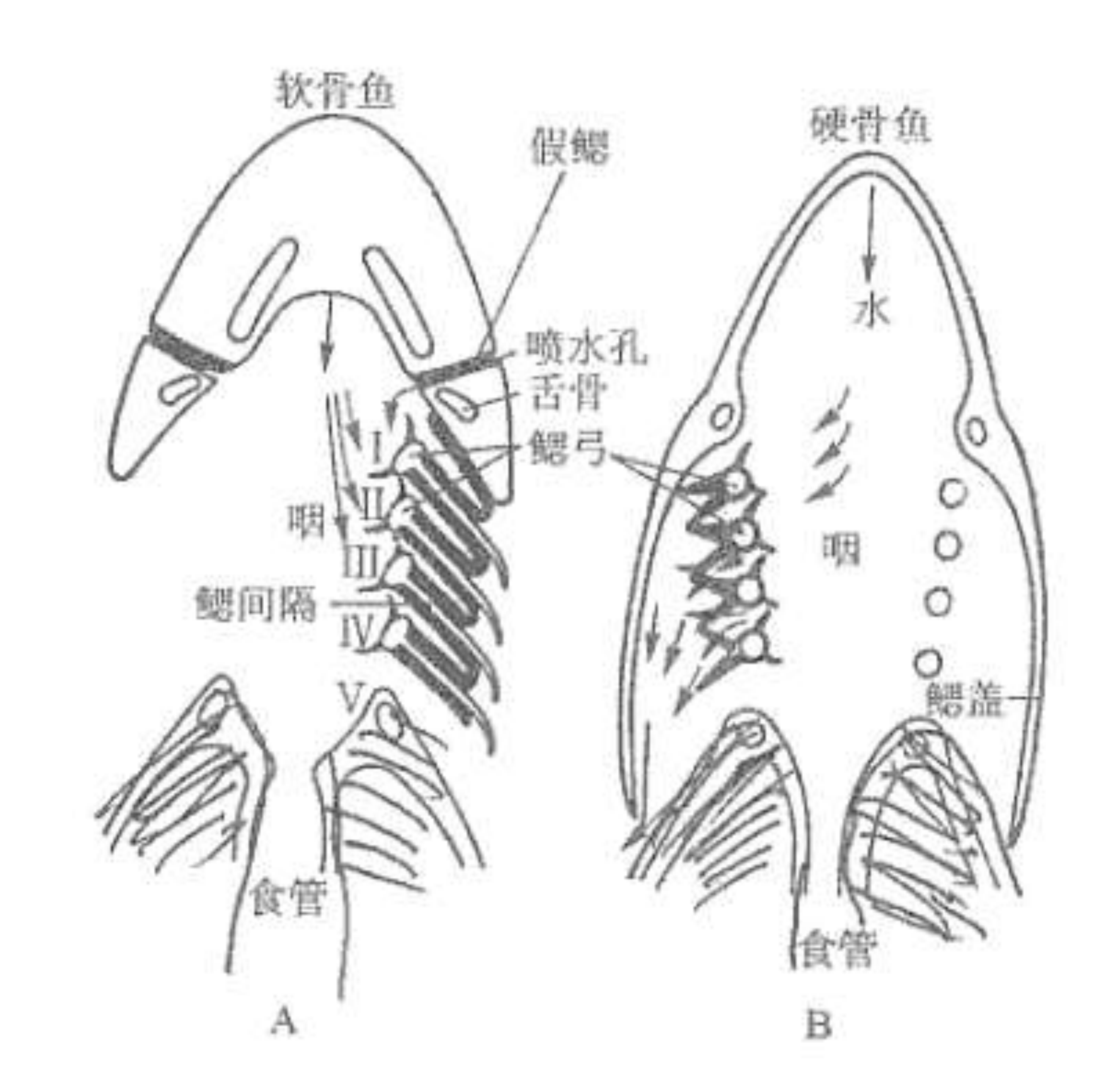
■ 图 17－11 鲤鱼的解剖（自郑光美）

肠的长度随种类、食性和生长特性而不同，草食性鱼类的肠都很长，为体长的6-7倍，肉食性种类的肠管最短，只及体长的 1/3-3/4。鲤科鱼类的肝呈弥散状分布在肠管之间的肠系膜上，胰也呈弥散状，混杂于肝中，称肝胰脏。肝分的汁通过肝管储存在胆中，再以管将胆汁输人肠内胰所分泌的胰液由胰管输入肠部。

一、鱼纲的主要特征

6、呼吸系统

鱼类的呼吸器官是鳃，对称排列于咽部两侧，是由外胚层形成的。鳃具有壁薄、气体交换面积大、分布丰富的毛细血管等特点。鳃瓣着生在鳃间隔（软骨鱼类）或鳃弓(硬骨鱼类)上。



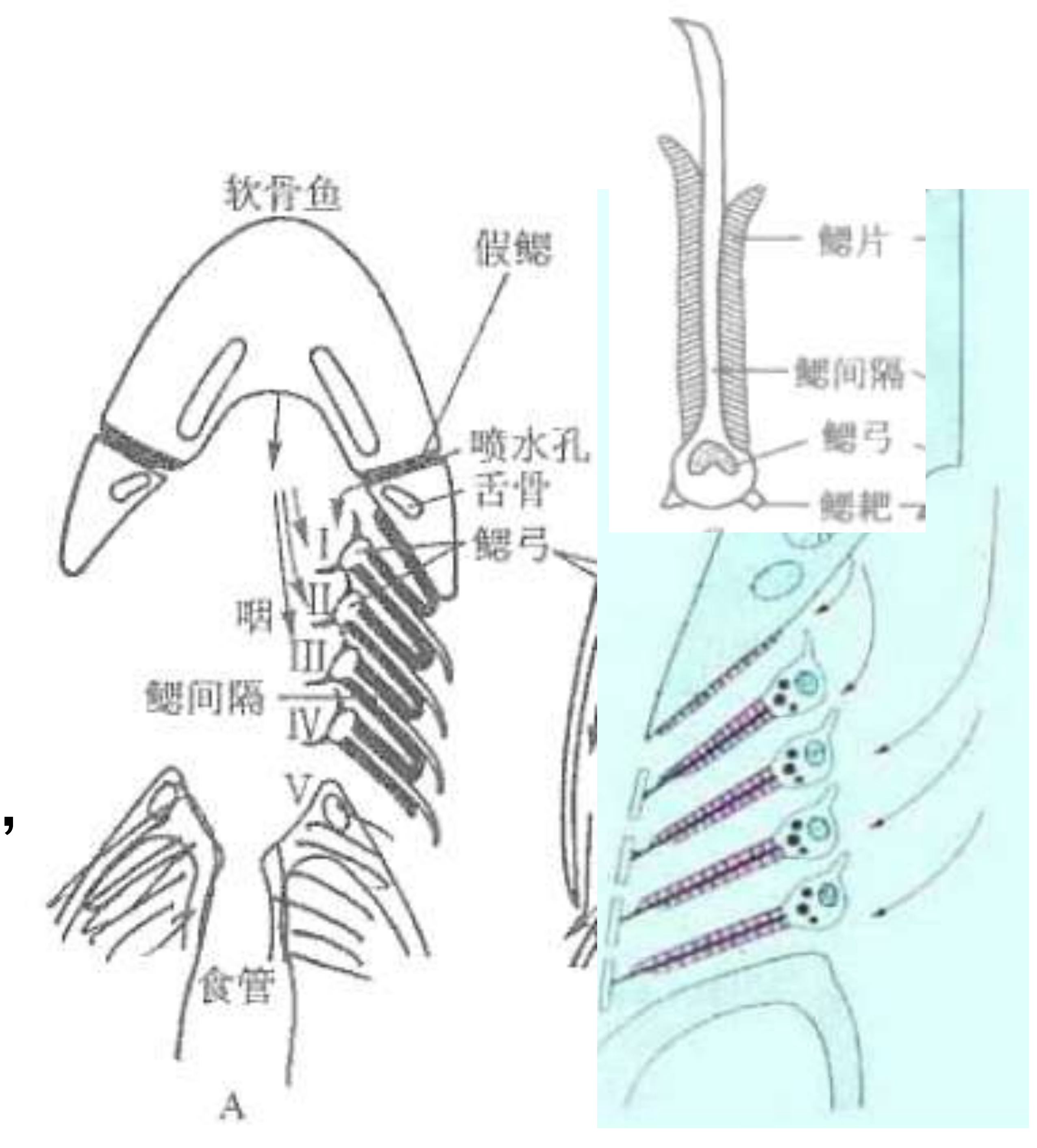
一、鱼纲的主要特征

6、呼吸系统

(1) 软骨鱼类

鲨鱼有 5 对裂，直接开口于体表。鲨鱼的鳃弓后缘生有发达的鳃间隔一直延伸至体表，其间有软骨条支持。鳃是由上皮折叠成的鳃褶贴附在鳃间隔上形成，因此鲨鱼类又称**板鳃**类。

由于鳃节肌的收缩，上下颌开闭，鳃弓得以收缩和舒张，使水进人口腔和鳃腔，再经鳃裂流出体外。在流经鳃裂时，水中的氧气和鳃血管中血液进行气体交换。

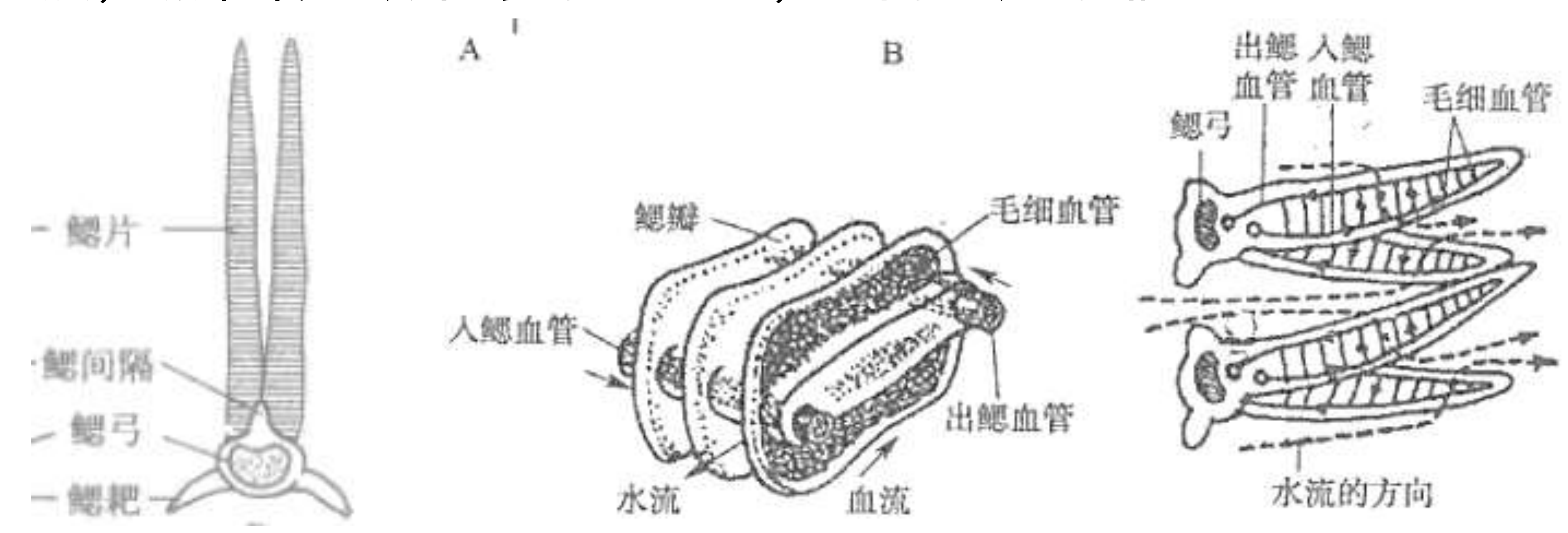


一、鱼纲的主要特征

6、呼吸系统

(2) 硬骨鱼类

5 对鳃裂，经鳃腔通体外，鳃腔外覆有鳃盖骨，其边缘附有鳃膜。鳃间隔退化，鳃褶呈丝状着生在鳃弓上。水流经鳃的方向与血流方向呈逆流交换，摄取氧量效率可高达 85 %，比同向流高5倍。



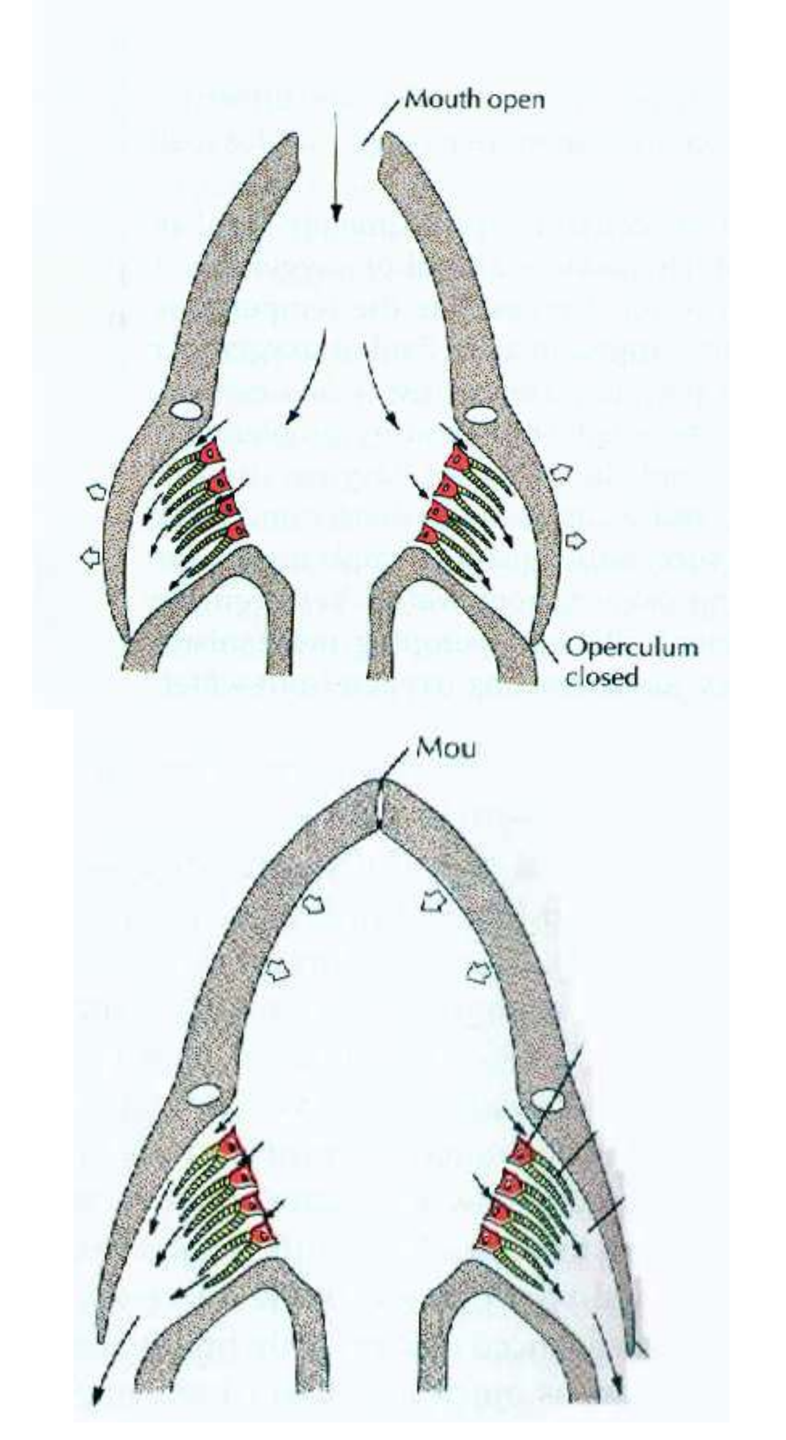
一、鱼纲的主要特征

6、呼吸系统

(2)硬骨鱼类

鱼类主要依靠鳃盖的运动完成呼吸。硬骨鱼类有两对呼吸瓣，一对是上下颌内缘的口瓣，闭嘴时可防止口中的水倒流;另一对是鳃膜，可阻止水从鳃孔倒流入鳃腔，对口腔及鳃腔内的压力改变起着重要作用。

当鳃盖上提时，鳃膜由于外部水流压力而紧贴体表，盖住鳃孔，鳃腔容积增大，内压减小，于是水流由口腔进入鳃腔;当鳃盖关闭时，口瓣也关闭，使鳃腔内的压力增大，水流流经鳃裂冲开鳃膜从鳃孔流出体外。除此外，部分硬骨鱼有其他辅助呼吸的器官。



辅助呼吸器官

1、皮肤：鳗鲡、弹涂鱼、鲇鱼等

2、肠呼吸：泥鳅

3、口咽腔粘膜：黄鳝

4、鳃上器官：乌鳢、斗鱼、攀鲈

5、鳔:肺鱼

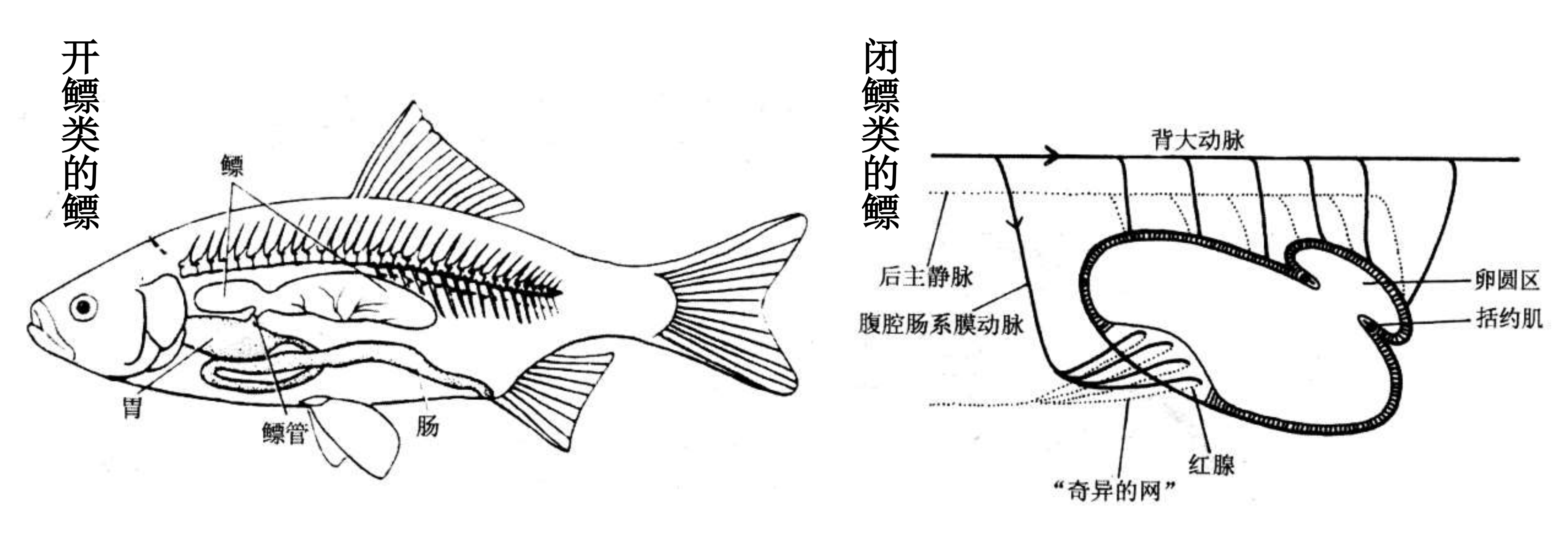
存在于大多数硬骨鱼类调节鱼体比重的器官

功能

调节比重
呼吸
感觉
发声

鳔

鱼鳔是位于肠管背面的囊状结构，呈白色。内充空气。绝大多数鱼类有鳔，少数鱼种无鳔。无鳔是次生现象。是比重的调节器。



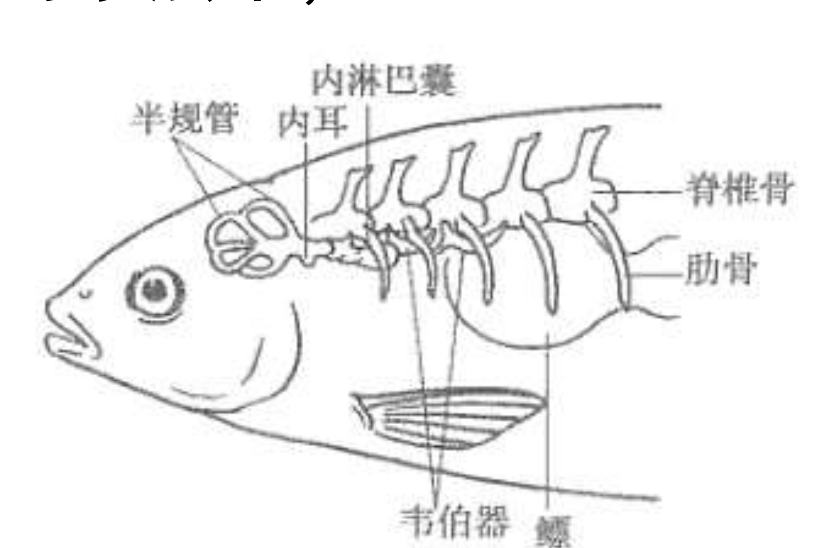
鳔

鳔内的气体中主要含氮、氧和二氧化碳。一般情况下，生活在浅水水域的鱼类嫖内的含氧量甚低，以鲤鱼为例，氧含量仅占内气体总量的2.2%，相当于它在 4 min内生活所需的氧气量。

鱼鳔内的含氧量随同鱼的活动水层下降而逐渐升高，例如鲂鮄鱼在1m水深时，的含氧量为16 %，降至16 m 水深时，含量增高至50 %，而在水深175 m处活动的康吉鳗，缥内的含氧量可高达87%。

鳔的主要功能是使鱼体悬浮在限定的水层中，减少鳍的运动。降低能量消耗。

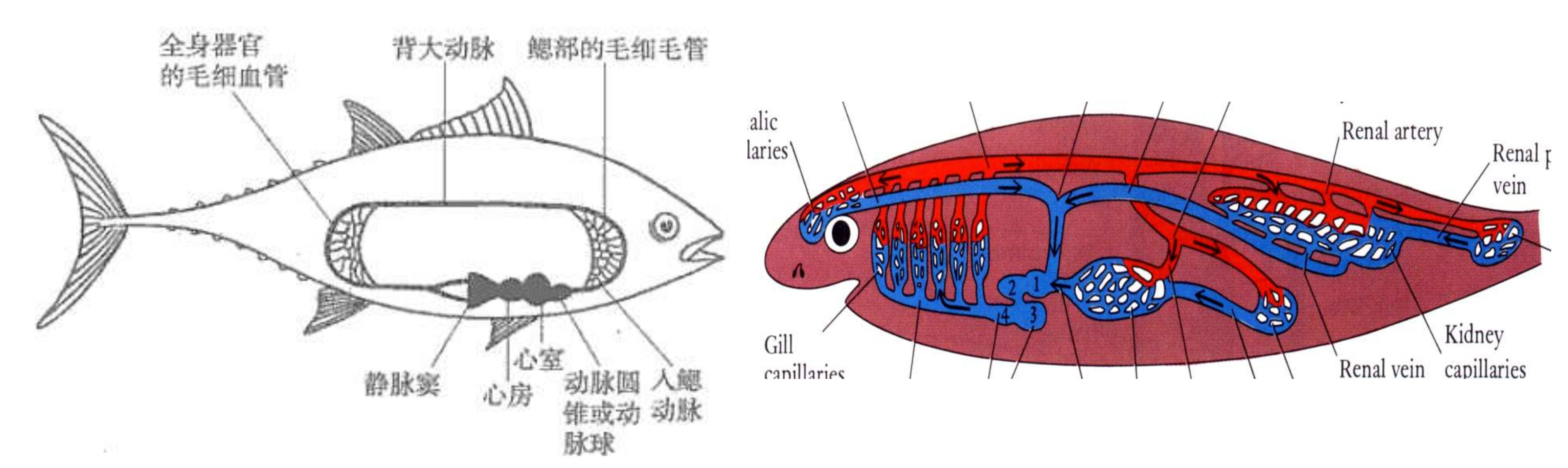
在鲤科中，鳔能传导水中声波和大气压力的改变。



一、鱼纲的主要特征

7、循环系统

鱼类血液循环路线为闭管式单循环。从心室压出的缺氧血，经鳃部交换气体后，汇合成背大动脉，将多氧血运送至身体各个器官组织中去；离开器官组织的缺氧血最终返回至心脏的静脉窦内，然后再开始重复新一轮血液循环。鱼类的心脏构造和血液循环方式与圆口纲动物基本相同。



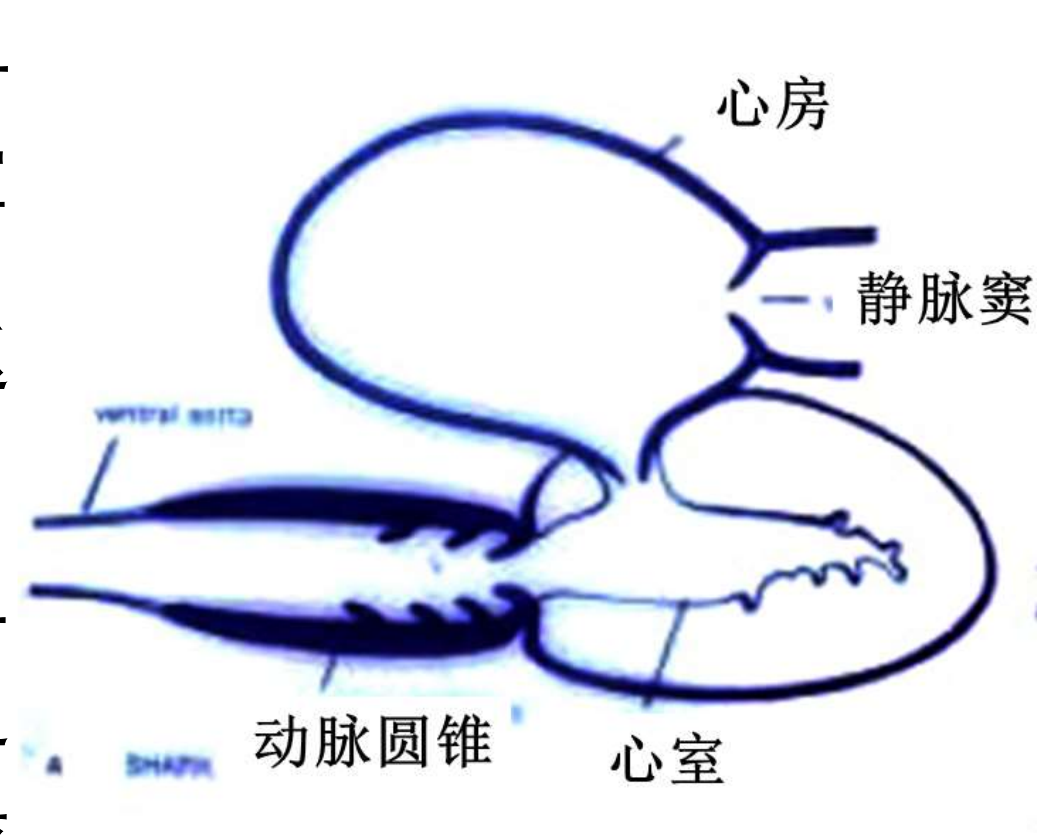
一、鱼纲的主要特征

7、循环系统

(1)心脏

软骨鱼类的心脏位于围心腔内，围心腔后方以横隔与侧腹腔分开。软骨鱼类的心脏占体重的0.6% -2.2%，由静脉窦、心房、心室动脉圆锥4部分构成。

静脉窦是一个薄壁的囊，接收由全身返回的血液心房的壁较薄；心室的肌肉壁较厚，是把血液压出的主要部位，起着泵的作用；动脉圆锥是心室向前的延伸，其肌肉壁属于心肌，能有节律地搏动。窦房之间、房室之间有瓣膜，动脉圆锥基部有半月瓣。瓣膜具有防止血液流的功能。

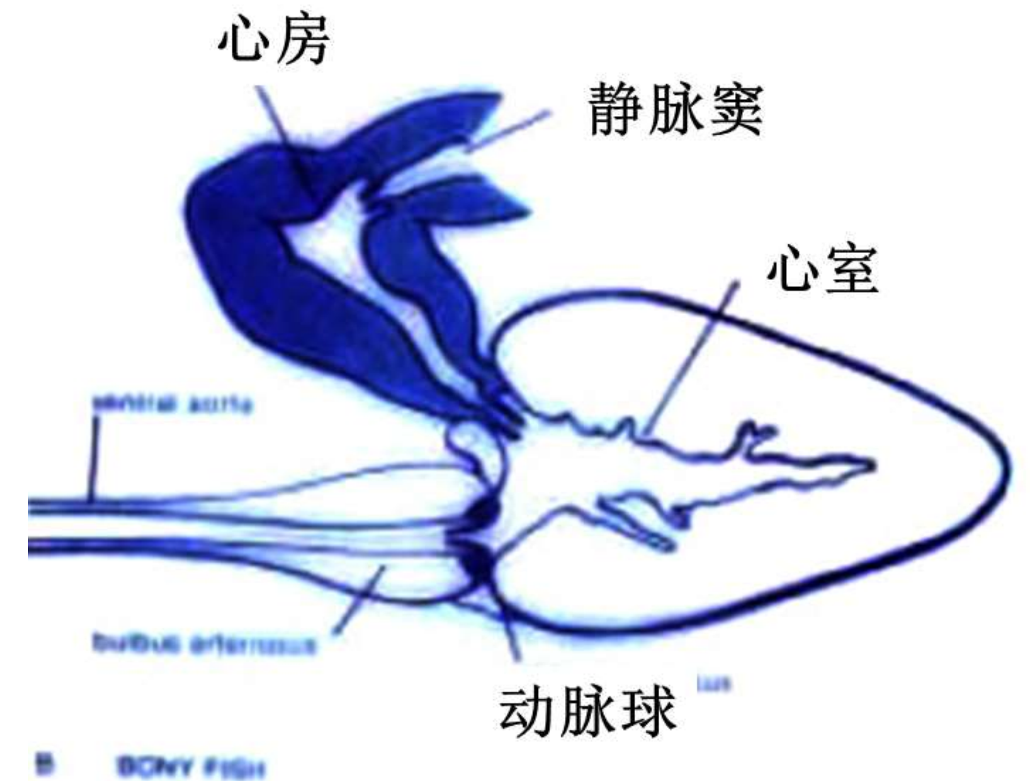


一、鱼纲的主要特征

7、循环系统

(1)心脏

硬骨鱼类的心脏的结构与软骨鱼类相似，不具动脉圆锥而代之以动脉球。动脉球不是心室的延伸而是腹大动脉基部的膨大，由平滑肌构成管壁，无搏动能力，基部也没有瓣膜。硬骨鱼体内的血量很少，仅为体重的2%左右，心跳频率一般为每分钟18-24次。



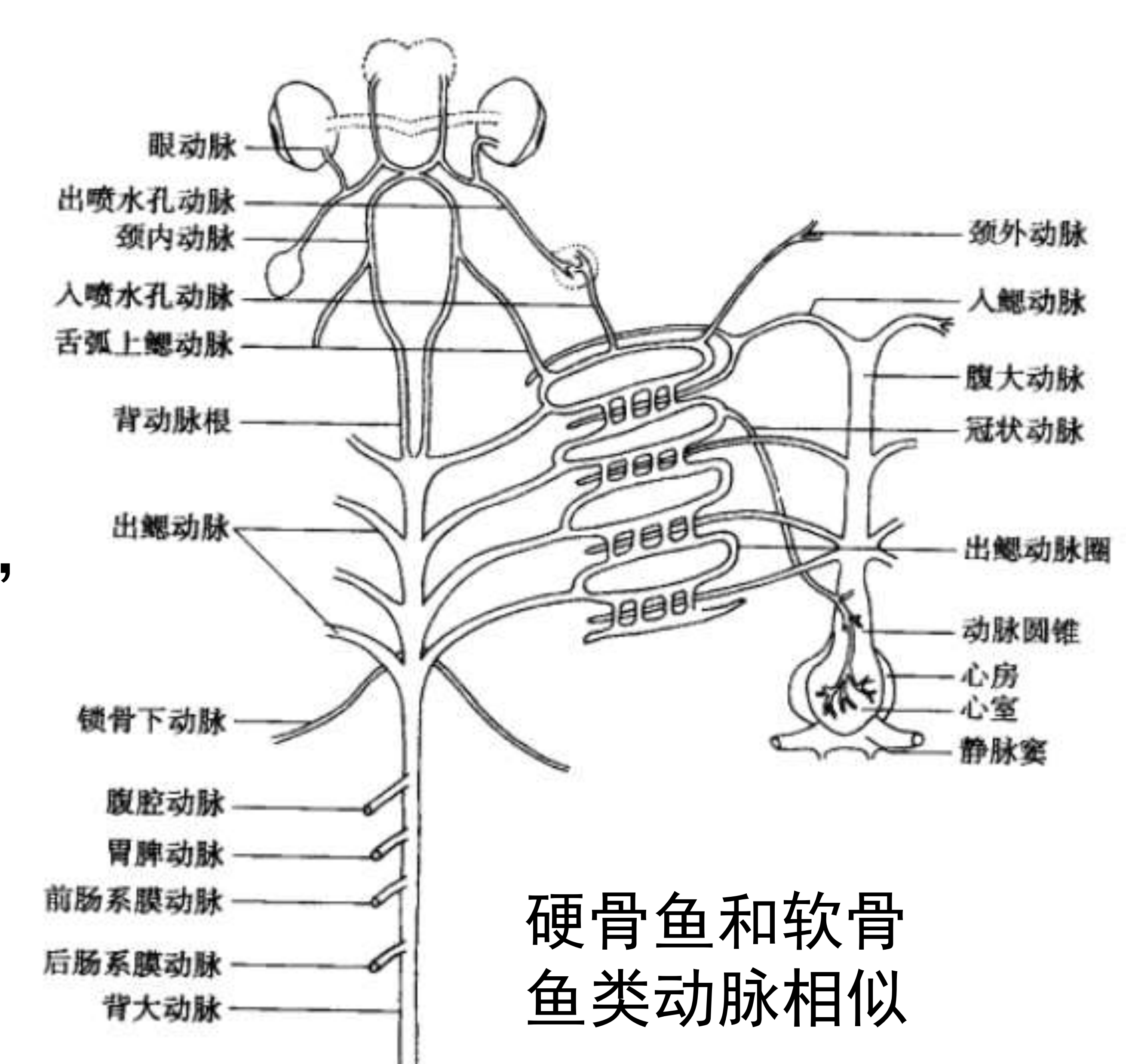
一、鱼纲的主要特征

7、循环系统

(2) 动脉

软骨鱼类鲨鱼的动脉圆锥的前端发出一条腹大动脉，向两侧各发出5支入鳃动脉，在部分支形成毛细血管网进行气体交换。

出鳃动脉汇合为一条背大动脉，再由此发出许多动脉，将血液分别送到身体各部，例如锁骨下动脉、腹腔动脉、胃脾动脉、前肠系膜动脉、后肠系膜动脉、肾动脉、腰动脉、骼动脉和生殖动脉等。背大动脉的后端为尾动脉，进入尾部。



硬骨鱼和软骨鱼类动脉相似

一、鱼纲的主要特征

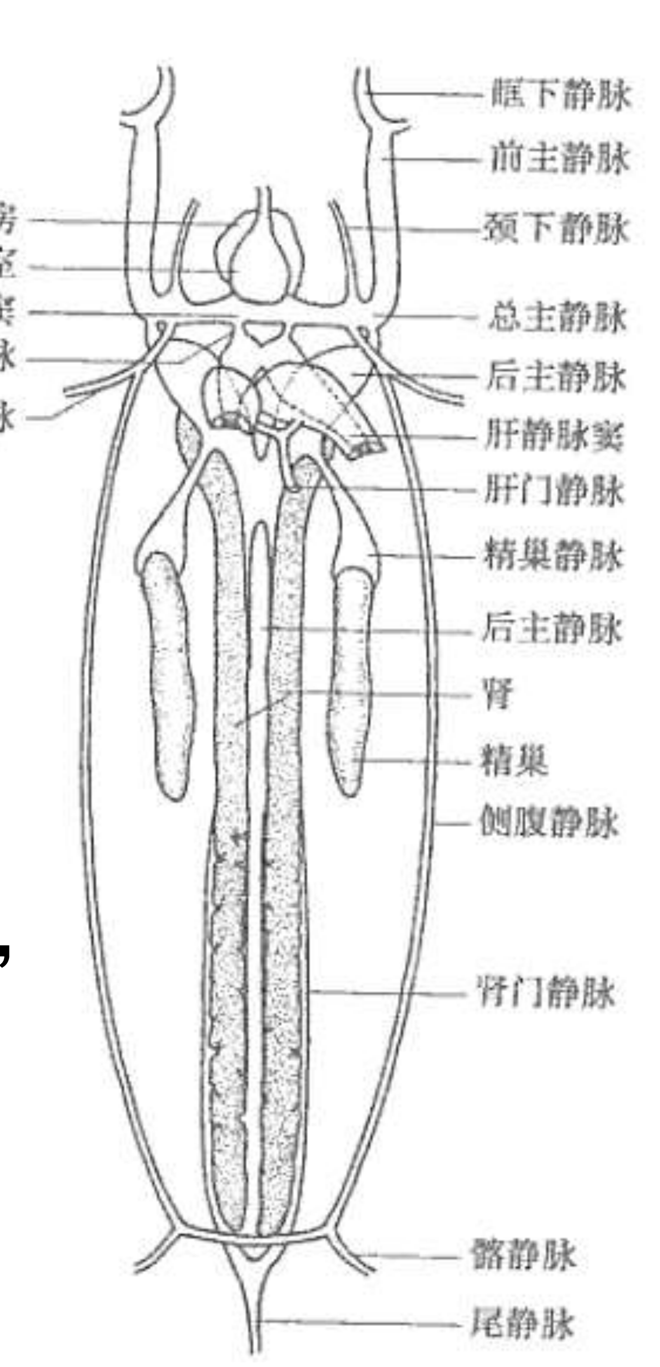
7、循环系统

(3) 静脉

鱼类的静脉系统包括从身体前端返回的一对前主静脉，从尾静脉与体静脉收集身体后部以及肾的血液而汇集成的一对后主静脉；两侧的前主静脉和后静脉汇成总主静脉。收集体侧和偶鳍来的血液的一对侧腹静脉也汇入总主静脉。

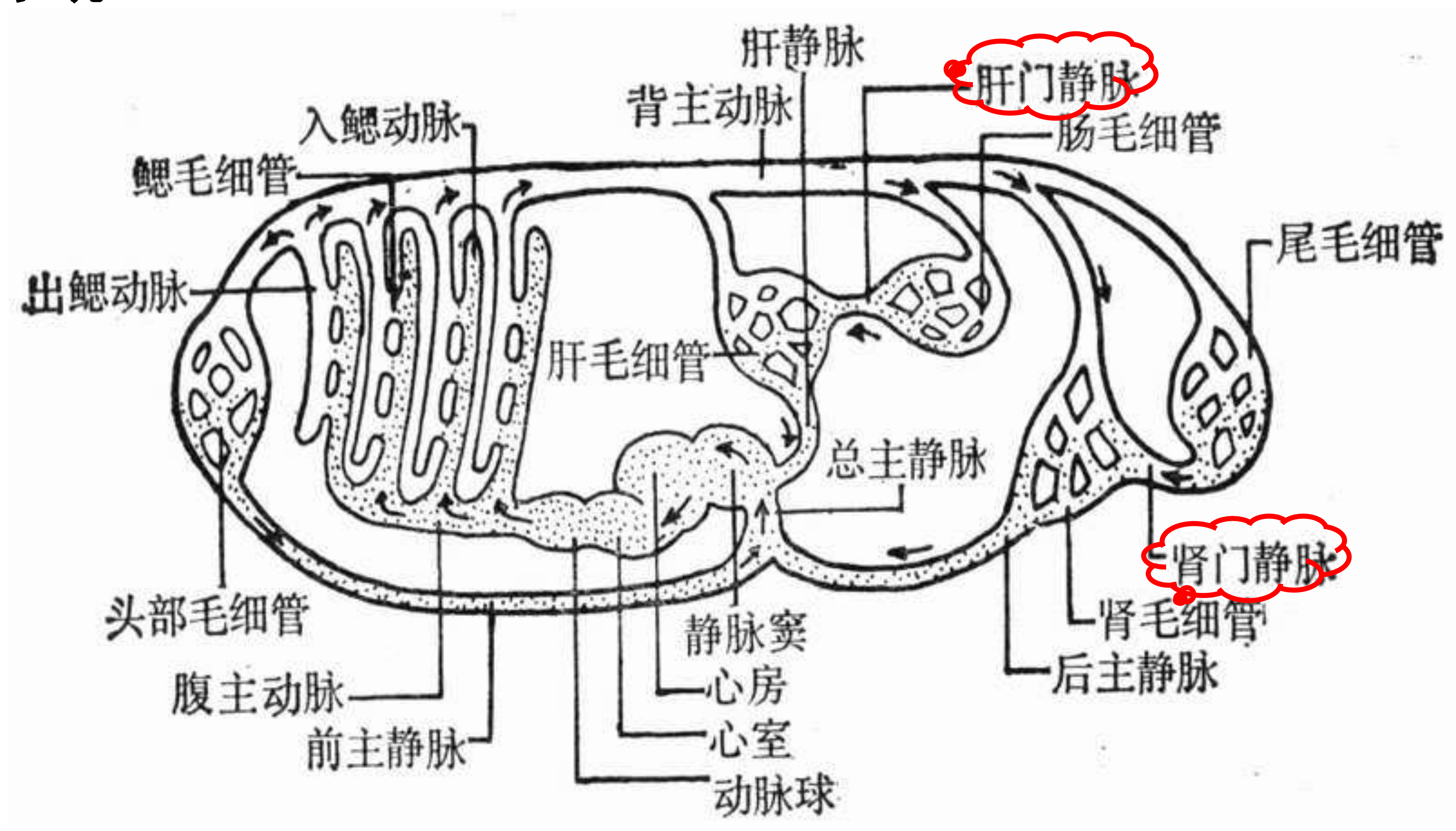
鱼类的肝门静脉很发达，汇集从消化管以及胰、脾等处毛细血管返回的血液进入肝，在肝内散成毛细血管，再汇成肝静脉离开肝，将血液汇入静脉窦。

肝门静脉血管的两端均为毛细血管，有这种特点的静脉称为门静脉。此外从尾部毛细血管汇集的尾静脉进人肾并分散为毛细血管，形成肾门静脉。



一、鱼纲的主要特征

7、循环系统



一、鱼纲的主要特征

8、排泄系统和渗透压调节

鱼类大部分代谢废物是以尿的形式由肾滤出，并通过输尿管排出体外。软骨鱼排泄物以尿素为主，硬骨鱼以排铵盐为主。排泄系统由肾、输尿管及膀胱组成，其功能除排泄尿液外，在维持鱼体内正常的体液浓度、进行渗透压调节方面也具有重要作用。

1、组成
- 肾脏
- 输尿管
- 膀胱

肾小体
- 肾小球
- 肾小囊

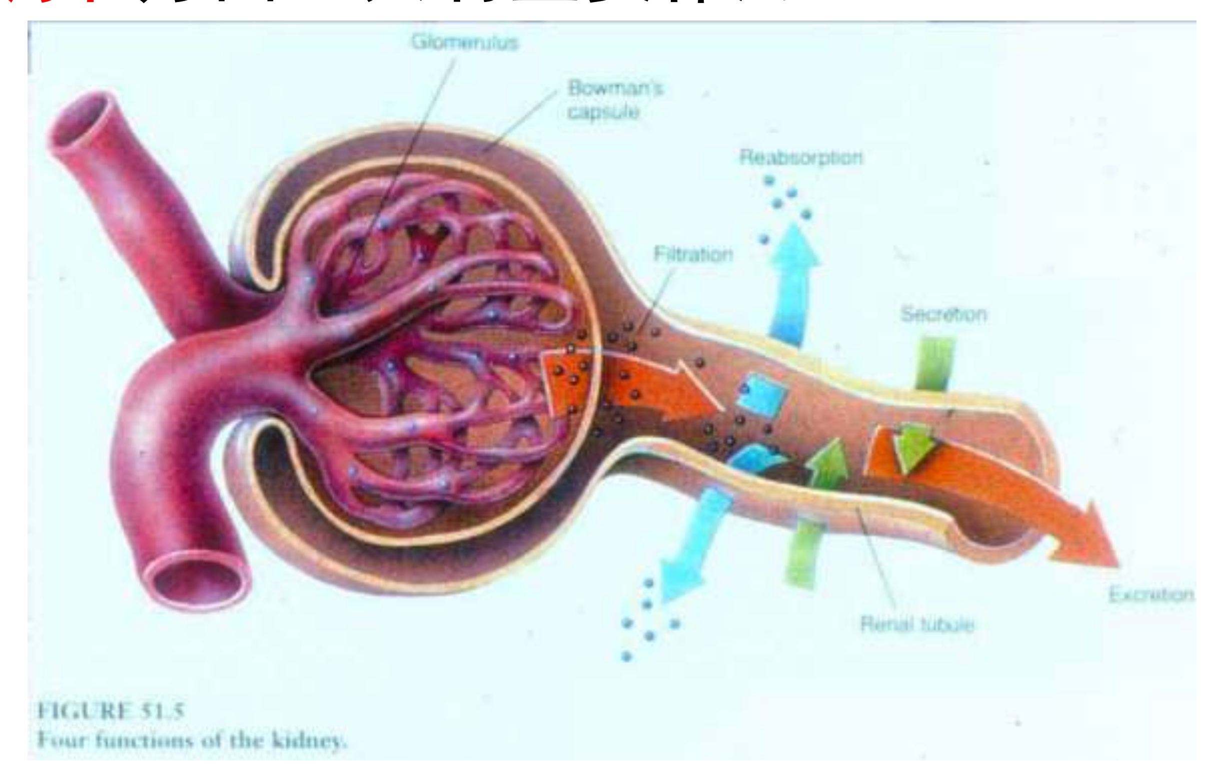


FIGURE 51.5
Four functions of the kidney.

一、鱼纲的主要特征

8、排泄系统和渗透压调节

(1) 肾和输尿管

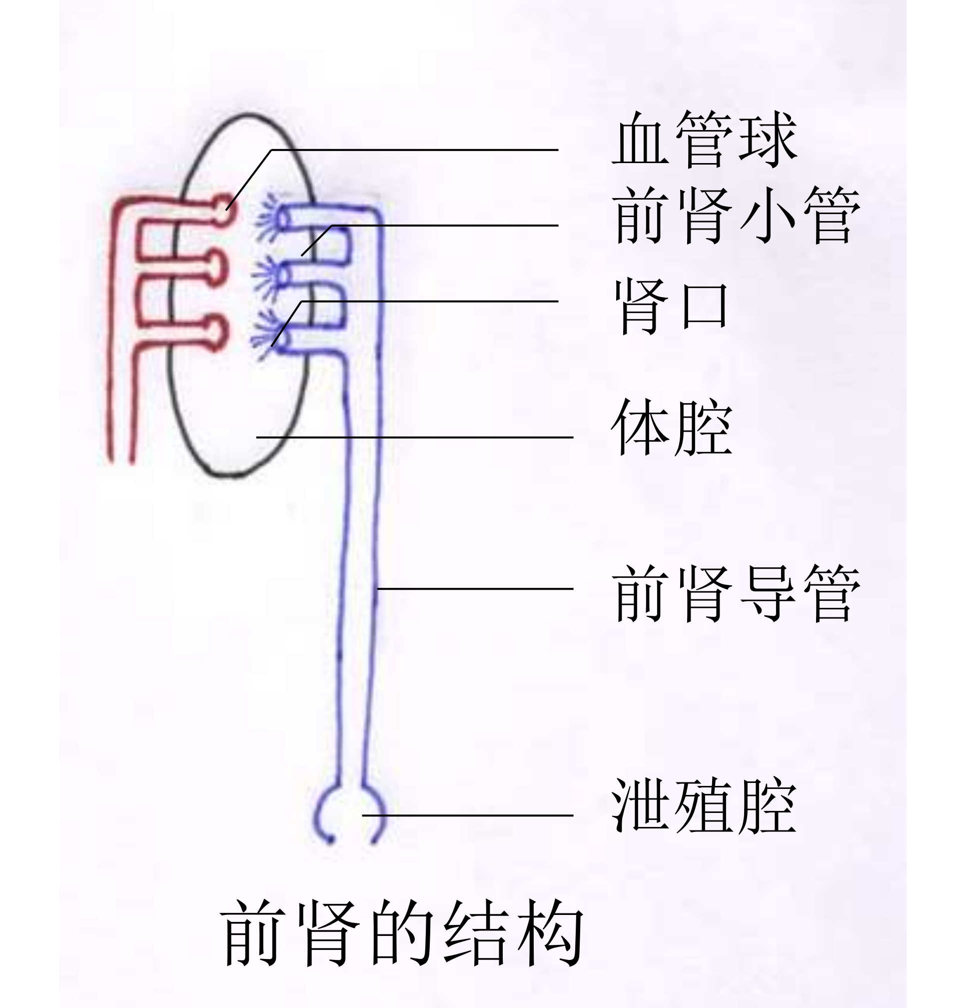
羊膜动物成体的排泄器官为后肾。

- **器官**:前肾（胚胎和幼体）、**中肾**（成体）；

前肾小管一端以肾口开口于体腔，可以直接收集体腔内的排泄物。

背大动脉的分支到肾口附近形成血管球，把 代谢废物以渗透的方式排到体腔。

前肾小管的另一端与前肾导管相通，管末端通泄殖腔。



前肾的结构

一、鱼纲的主要特征

8、排泄系统和渗透压调节

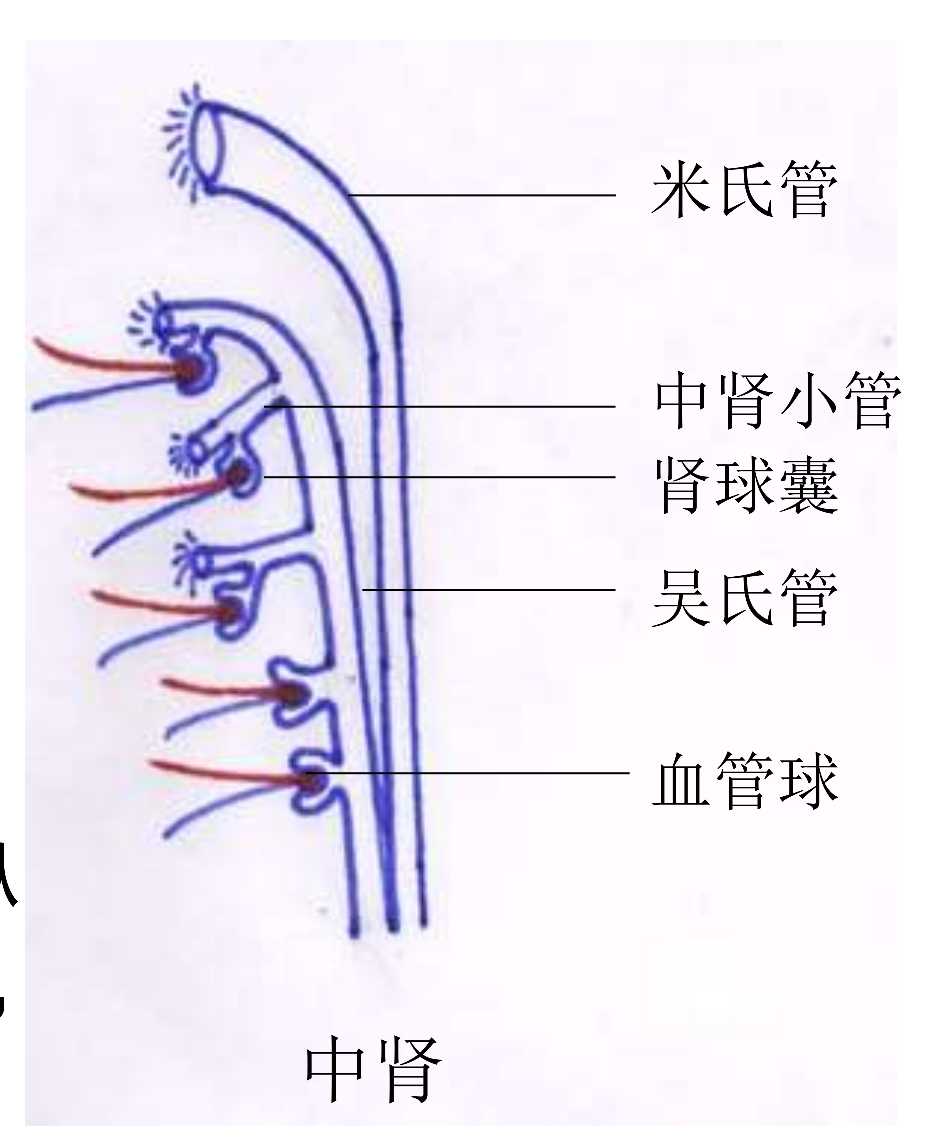
(1) 肾和输尿管

中肾小管向侧面延伸，与纵行的前肾管相通，这时前肾管就改称中肾导管。

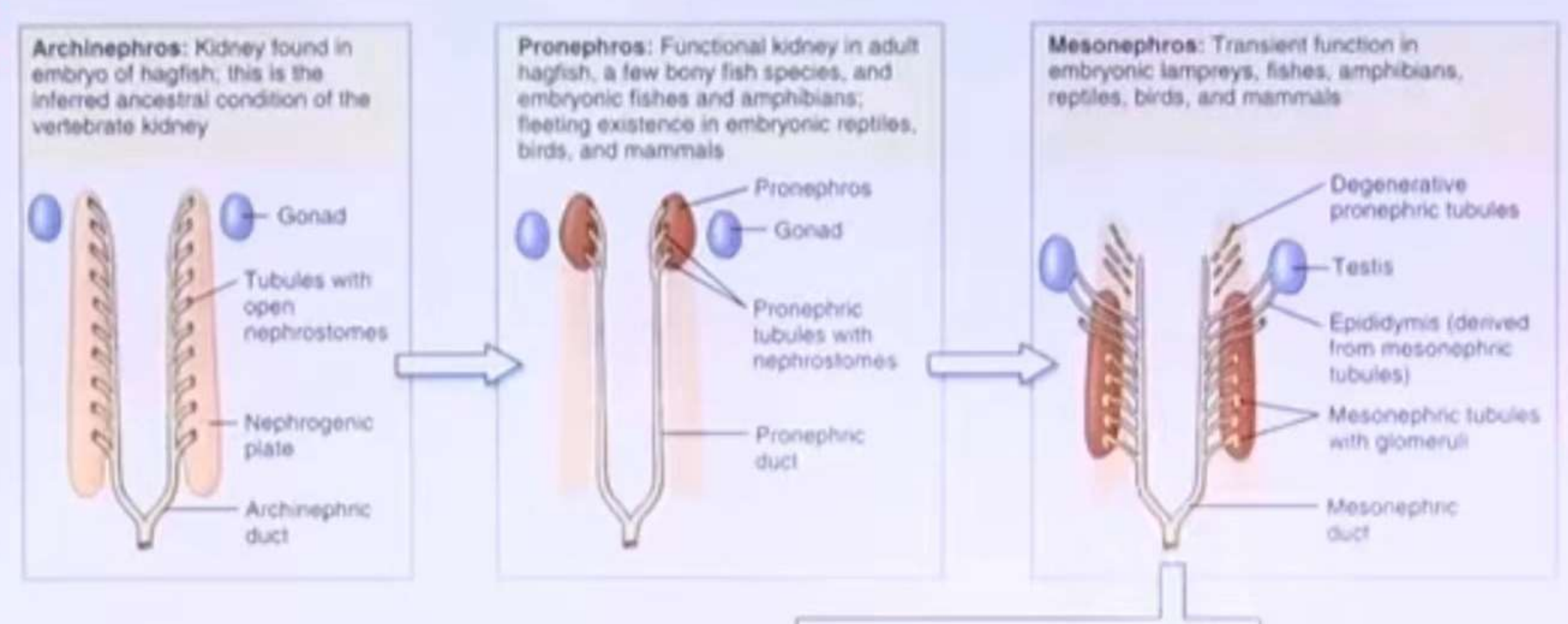
中肾导管纵裂为二：

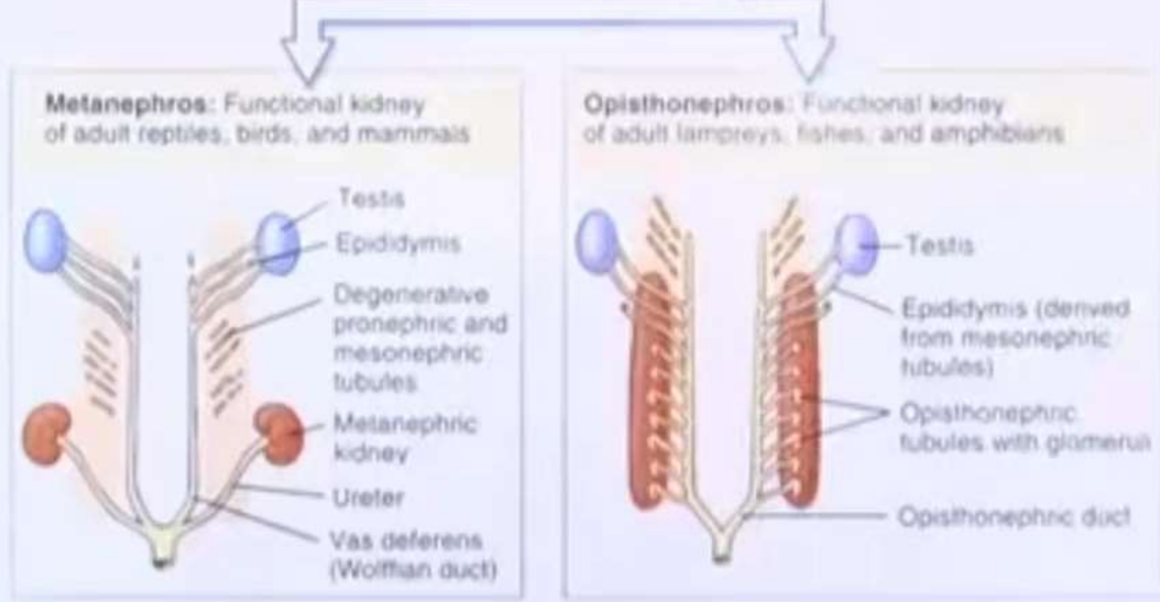
吴氏管(输精尿管)

米氏管(输卵管)。这种情况出现于软骨鱼类和有尾两栖类。其他大多数脊椎动物并不纵裂， 而是待前肾退化时，前肾管转为中肾管，米氏管另外形成。



排泄



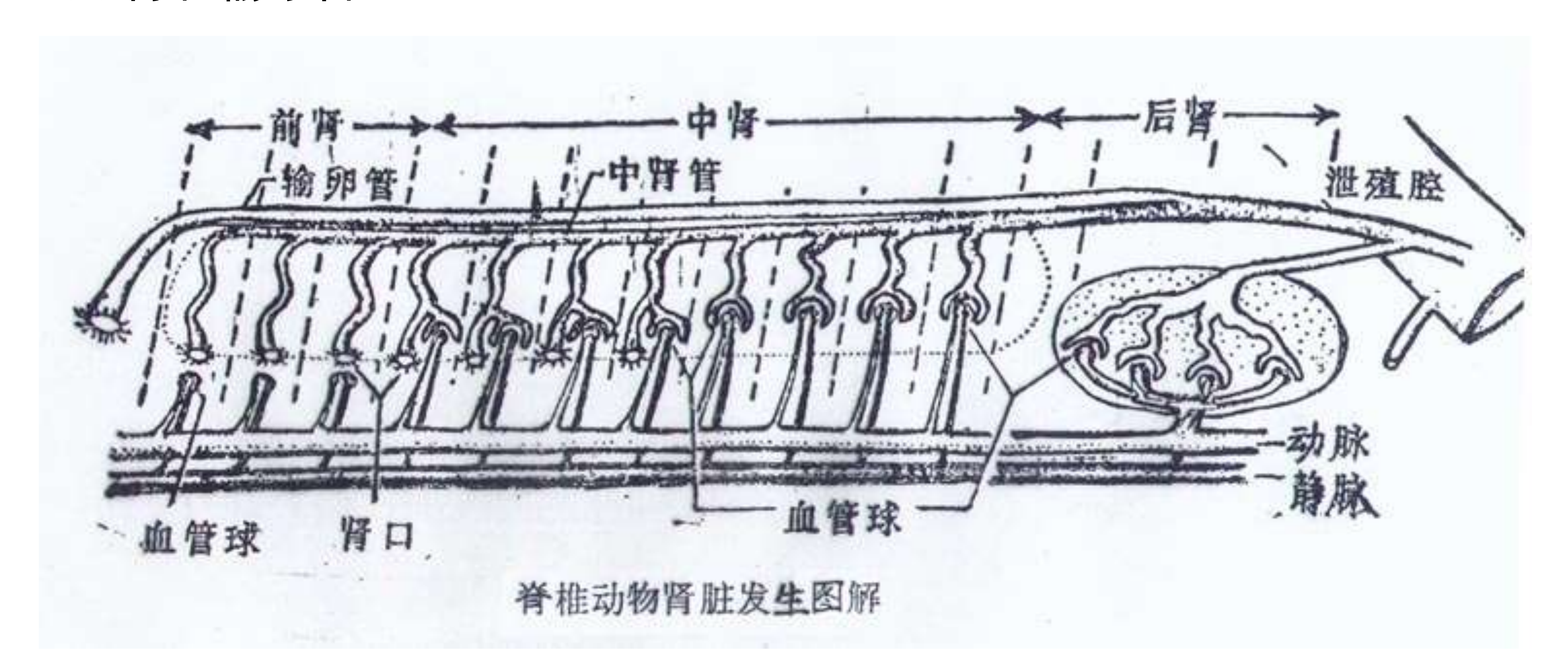


肾类型与鱼相同：
胚胎时期前、中肾
成体后位肾

一、鱼纲的主要特征

8、排泄系统和渗透压调节

(1) 肾和输尿管



脊椎动物肾脏发生图解

一、鱼纲的主要特征

8、排泄系统和渗透压调节

(2) 渗透压的调节机制

①淡水鱼高渗体液调节

淡水鱼的体液盐分浓度一般高于外界(体液是高渗溶液)，按渗透原理体外的淡水将不断通过半渗透性的鳃和口腔粘膜渗入体内，但淡水鱼肾脏的肾小球数目多，可通过肾小球的大量泌尿和肾小管对盐分的回收作用，排出大量浓度极低几乎等于清水的尿液，因而丧失的盐分很少，从而达到保持体液的高渗。淡水鱼类肾脏内的肾小球数目明显多于海洋。

如果将淡水鱼置入海水中，则会引起鱼体内积储过量盐分，造成组织失水导致鱼死亡。

一、鱼纲的主要特征

8、排泄系统和渗透压调节

(2)渗透压的调节机制

②海鱼低渗体液调节

海洋鱼类的体液盐分浓度比海水略低(体液是低渗溶液)，按渗透原理，体内水分将不断地从鳃和体表向外渗出，若不加调节，就会因大量失水而死亡。海洋鱼类肾脏的肾小体数量少，具有节缩泌尿量和减少水分消耗之功能，鳃上具有泌氯腺。当海鱼吞饮海水后，海水先由肠壁连盐带水一并渗入血液中，多余的盐分通过泌氯腺的排盐细胞排出，水分被截留下来，由于肾小体数量少，肾脏泌尿量小，鱼体水分增加而使体液维持正常低浓度。

海洋鱼类肾脏内的肾小球数目明显少于淡水鱼类。

一、鱼纲的主要特征

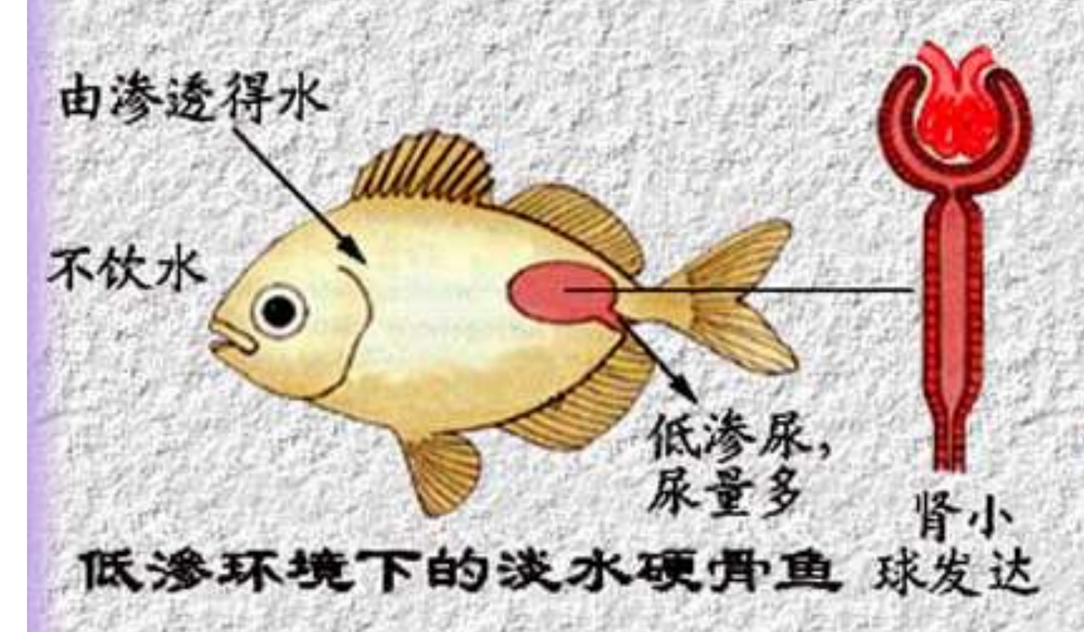
8、排泄系统和渗透压调节

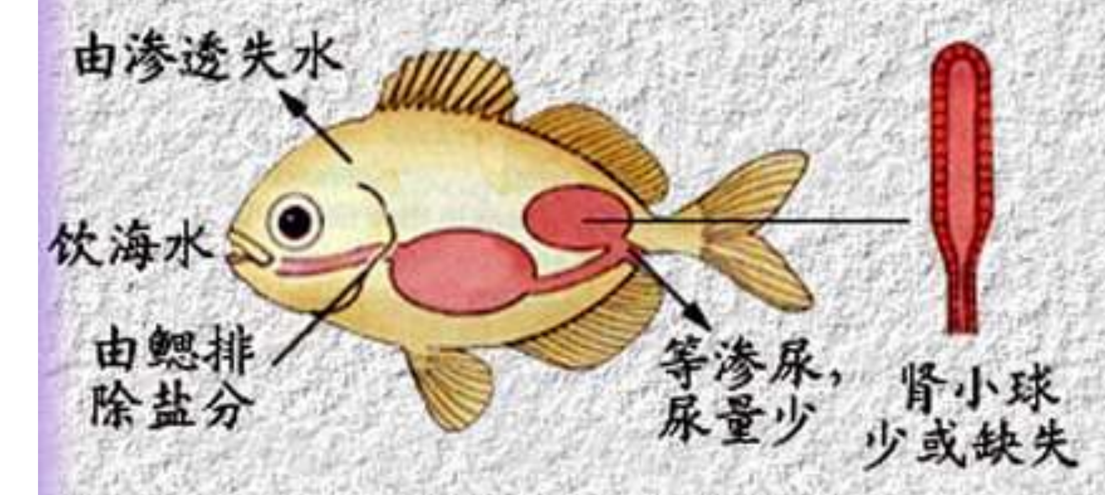
(2) 渗透压的调节机制

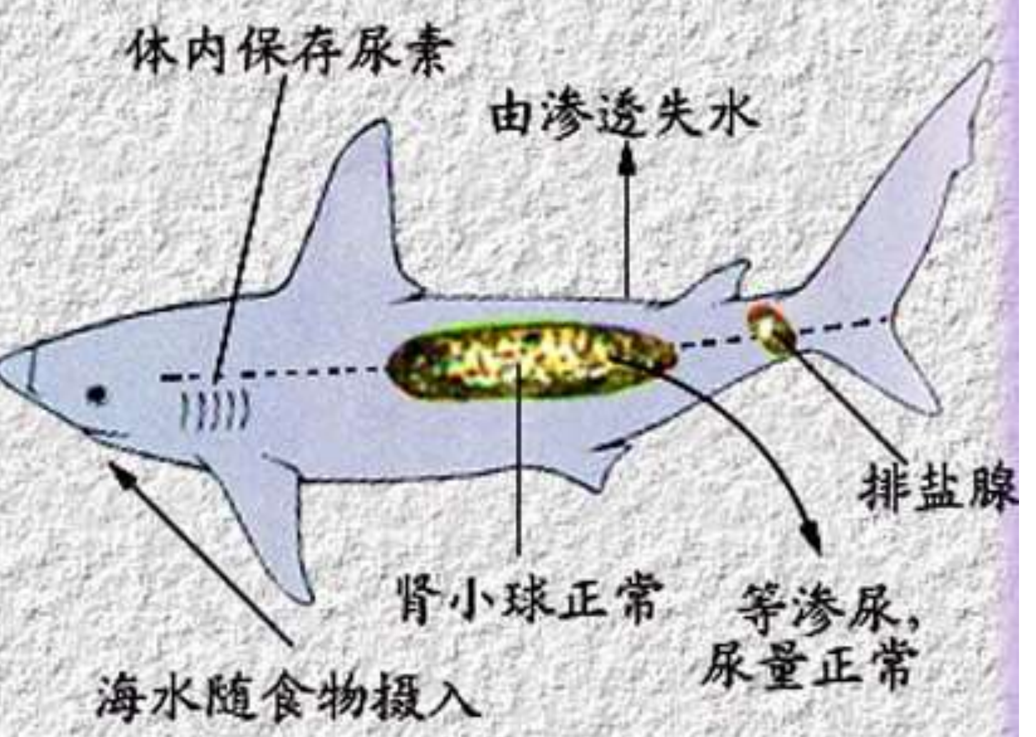
③软骨鱼类

软鱼骨类调节渗透压是通过血液中所含的尿素（含量一般为2%）。当血液内尿素含量偏高时从鳃区进入的水就增多，进水量增多后，稀释了血液的浓度，排尿量随之相应增加，因而尿素流失也多，渗透压下降；当血液内尿素含量降到一定程度时，进水就会自动减少，排尿量相应递减，于是尿素量又开始逐渐升高，降低的渗透压又恢复。所以由于渗透压调节机能不同，海洋鱼类都不能进入淡水生活，淡水鱼也不能进入海洋生活。

鱼类的渗透调节





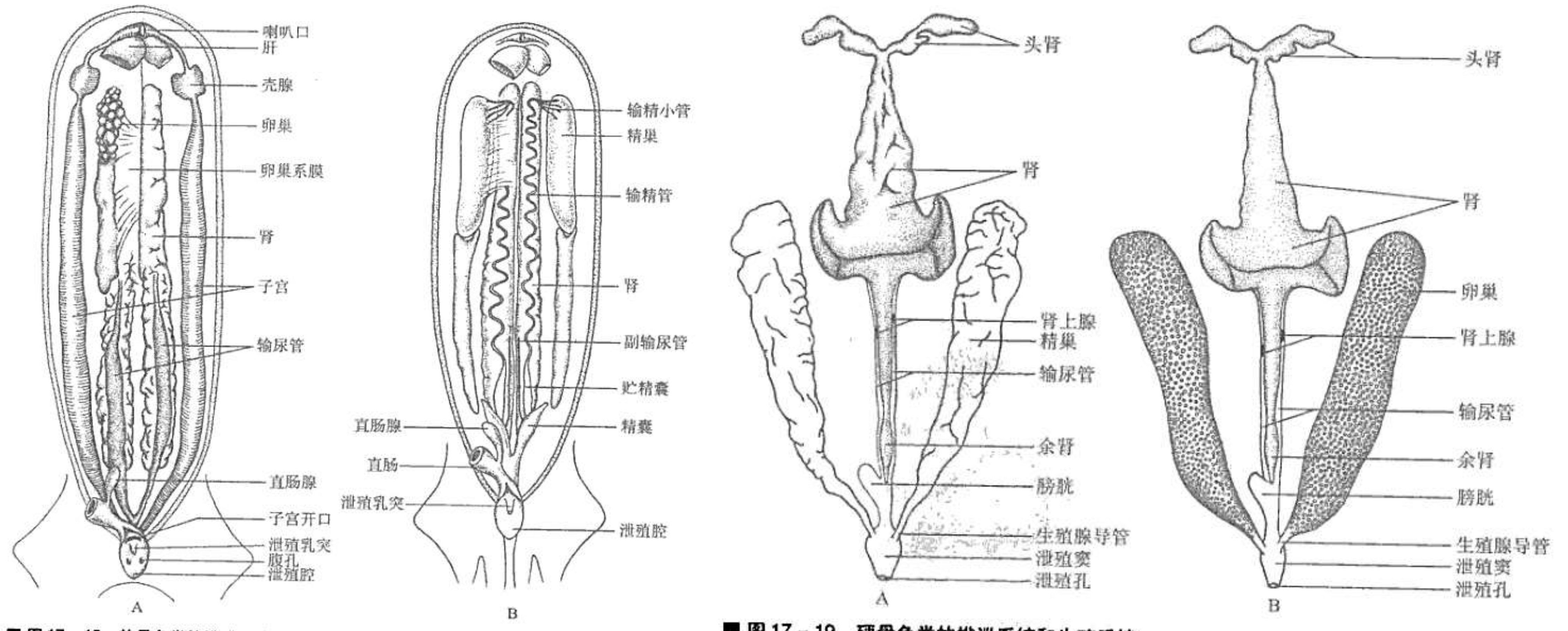


还有一些广盐性鱼类，渗透调节能力很强，很容易适应不同含盐浓度的水环境，如大麻哈鱼等溯河鱼类。

一、鱼纲的主要特征

9、生殖系统

生殖系统由性腺（精巢和卵巢）及输送生殖细胞的生殖导管组成。一般是体外受精；体内受精的鱼类，雄性有特殊的交配器。



■ 图 17－18 软骨鱼类的排泄系统和生殖系统

A. 雌性；B. 雄性（自郑光美）

■ 图 17－19 硬骨鱼类的排泄系统和生殖系统

A. 雄性；B. 雌性

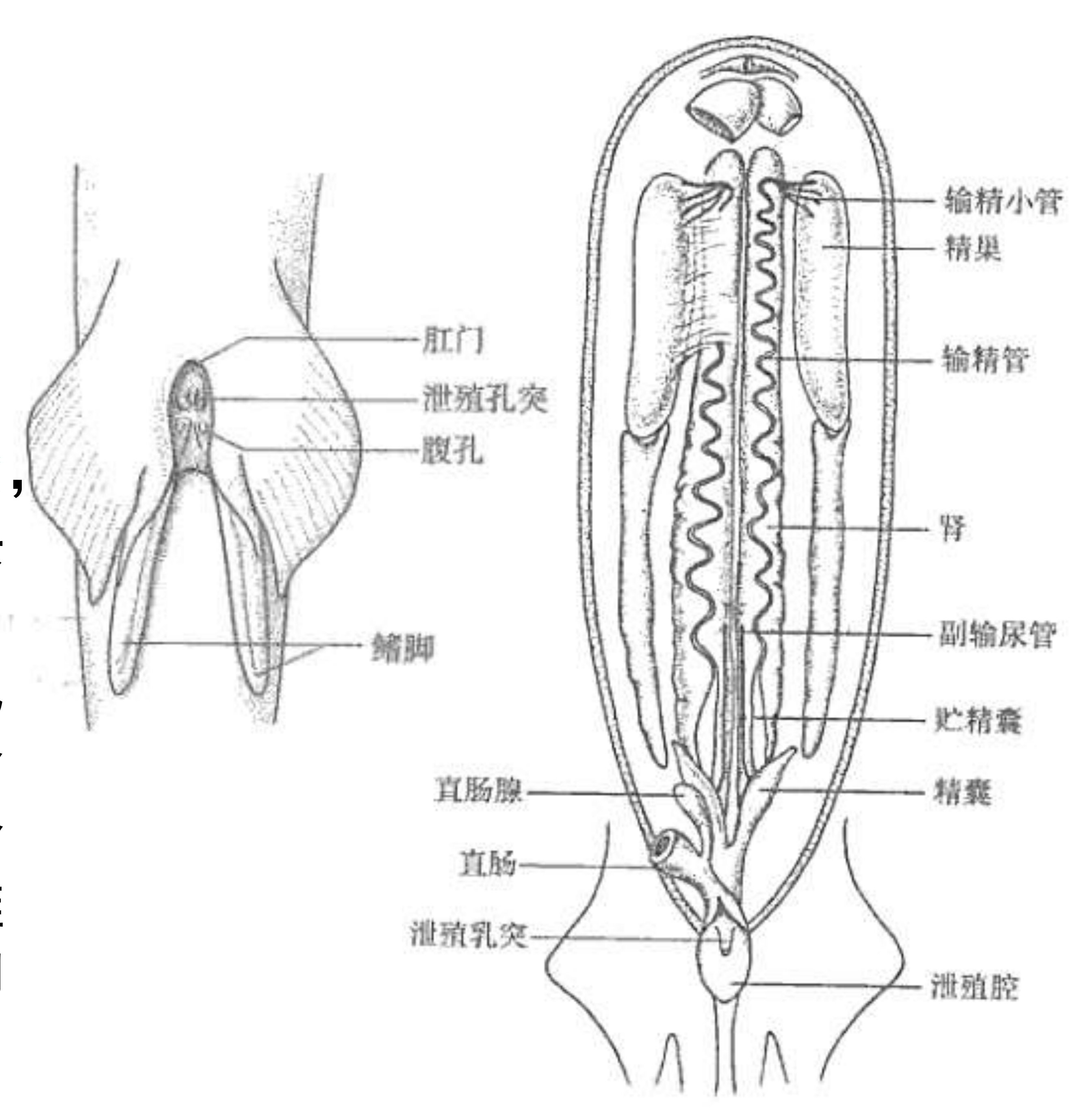
一、鱼纲的主要特征

9、生殖系统

(1)软骨鱼类

①雄性 雄鲨有一对精巢。由精巢发出许多输精小管，通入肾前部的输精管。输精管后端膨大为贮精囊，精子自此导人尿殖窦，经尿殖乳头入泄殖腔，以泄殖腔孔通体外。

雄性的腹鳍内侧骨骼延伸形成特有的鳍脚，是交配器官。每一个脚的内侧有一条沟，在交配时两个鳍脚合并，两沟成为管状，插入雌性泄殖腔内，使精液流入雌性输卵管内。



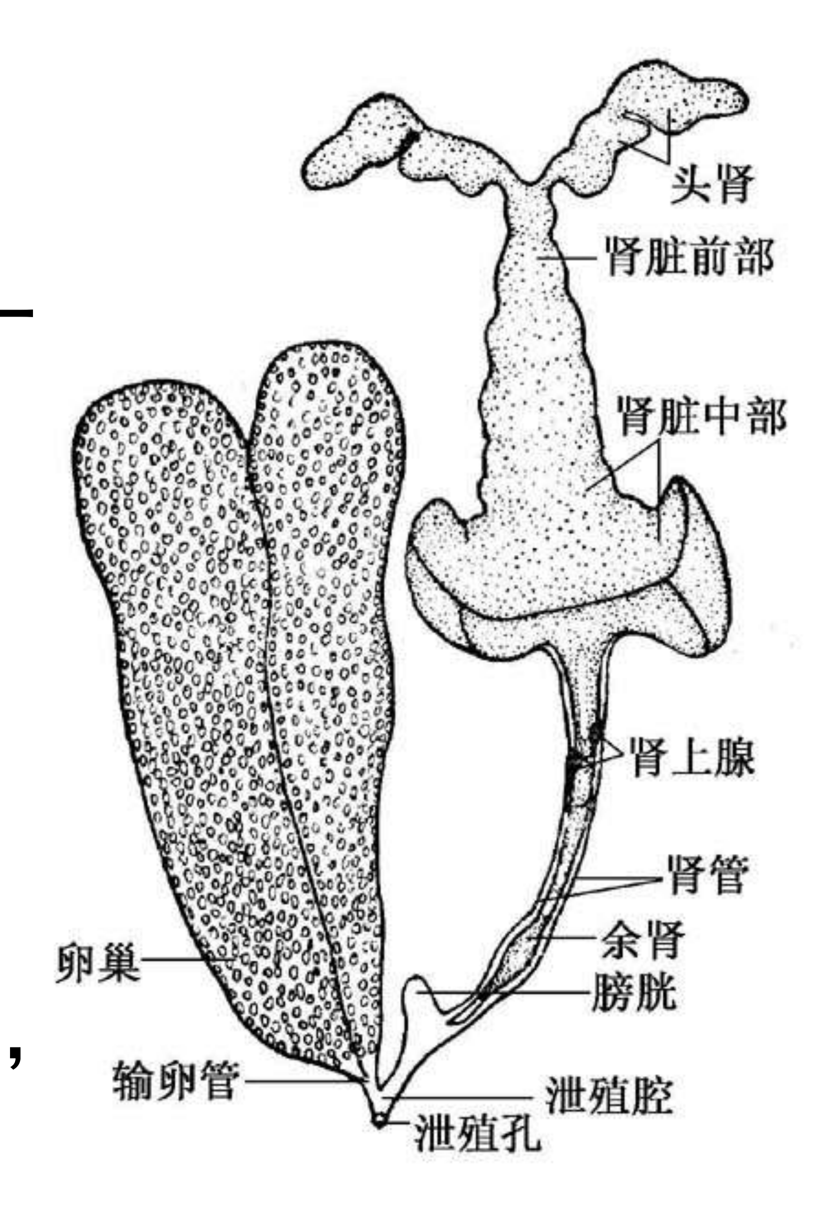
一、鱼纲的主要特征

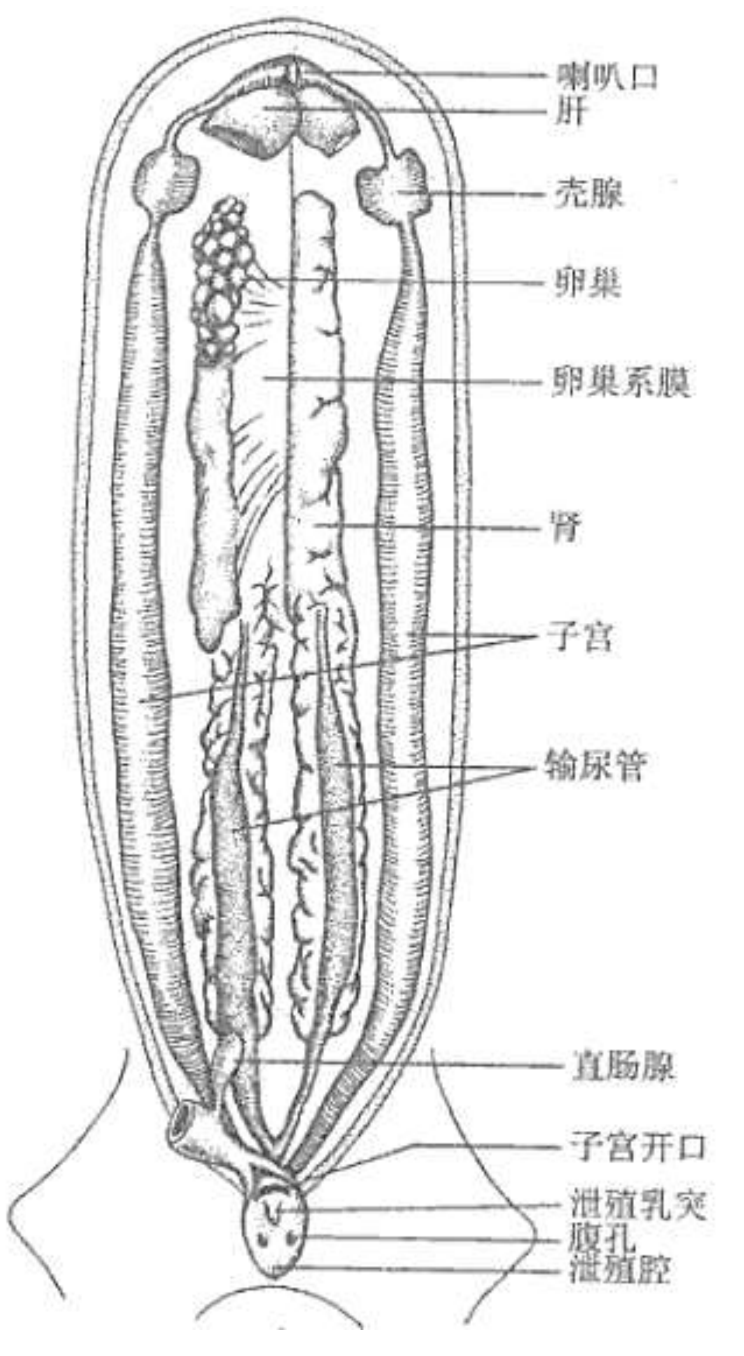
9、生殖系统

(1)软骨鱼类

②雌性 大多数雌性鲨鱼有一对卵巢。输卵管前端以喇叭口开口在体腔前部。输卵管的前段有壳腺，后段膨大为子宫。两侧输卵管末端汇合后开口在泄殖腔。

成熟卵落人胸腹腔内，在喇叭口纤毛作用下被吸入输卵管前段与精子相遇受精，经过壳腺后被包上蛋白和蛋壳。



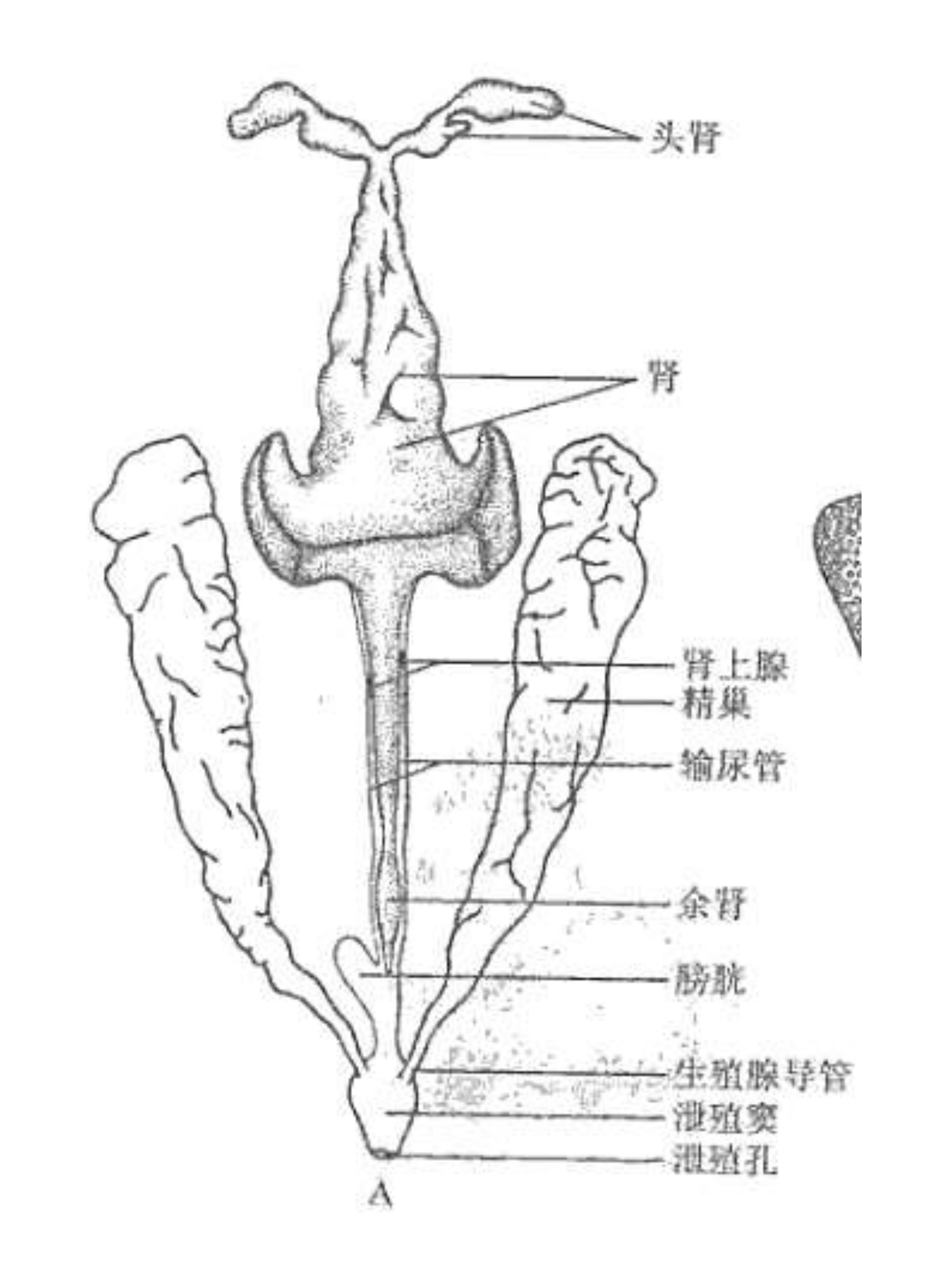


一、鱼纲的主要特征

9、生殖系统

(2) 硬骨鱼类

①雄性 一对精巢，在生殖季节增大，几与体腔等长。输精管是由精巢外膜向后延续而成，与肾和输尿管无任何联系，这在脊椎动物中是绝无仅有的。左、右输精管常在后段连合开口于泄殖窦，再以泄殖孔通体外。精子排至水中，营体外受精。

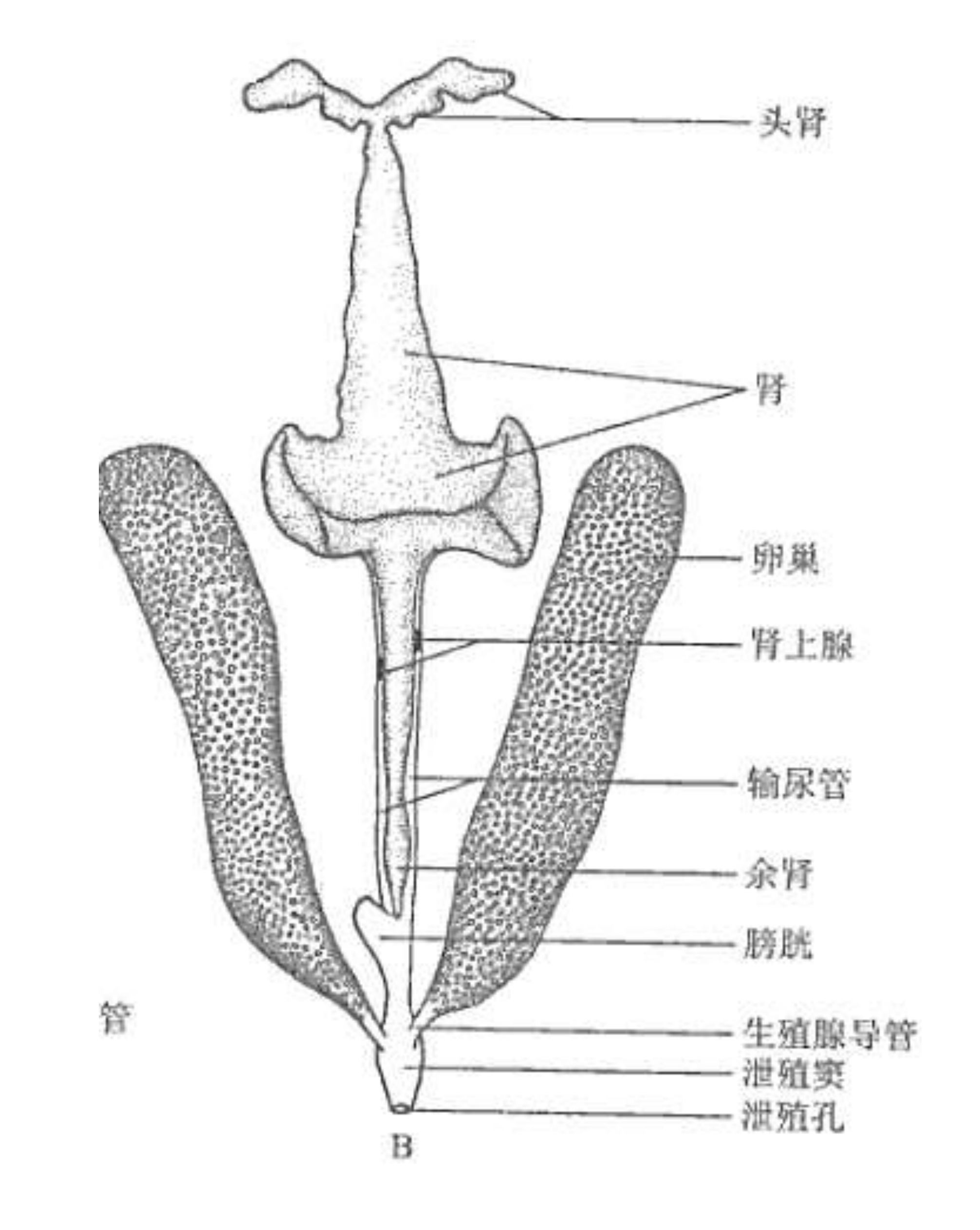


一、鱼纲的主要特征

9、生殖系统

(2)硬骨鱼类

②雌性 一对卵巢，在性成熟时非常发达，充满胸腹腔的两侧空。由外被的卵囊膜向后延伸成输卵管。成熟卵直接进人输卵管，最后以泄殖孔开口于体外。有些鱼类例如黄鳝和银汉鱼只有左侧卵巢发达。



一、鱼纲的主要特征

9、生殖系统

(3)性别异性

鱼类一般都是雌雄异体，但在少数鱼种（鲱鱼、鳕鱼）发现有雌雄同体现象。在两性鮨鱼甚至还有自体受精能力。此外，黄鳝、剑尾鱼等少数种类还有性逆转现象。

性逆转：即性腺的发育从胚胎期到性成熟都是卵巢，只产生卵子，但经第一次繁殖后，卵巢内部发生改变，逐渐转变成精巢而呈现雄鱼特征。

一、鱼纲的主要特征

9、生殖系统

(4) 生殖方式

①体外受精，体外发育。

见于绝大多数鱼。

②体外受精，体内发育。

如非洲鲫鱼，雌亲鱼把受精卵吞入口腔，孵化后再吐出来。

又如鲇鱼，其雄体在殖期间停食，受精卵吞入胃中去孵化。

③体内受精，体外发育。如软骨鱼的虎鲨。

④体内受精，体内发育。如真鲨科的鱼。

受精卵在输卵管内发育，但其营养来自卵黄囊，

母体只起保护作用，所以叫作卵胎生。

一、鱼纲的主要特征

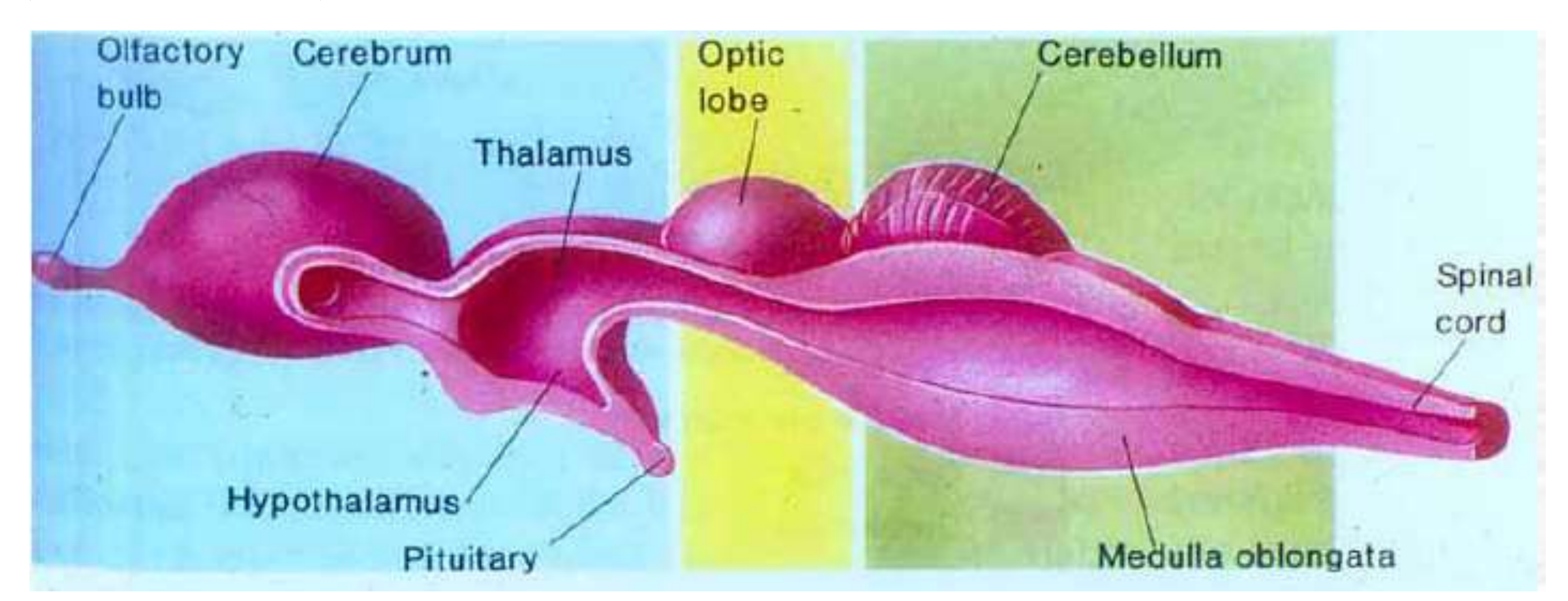
10、神经系统

鱼类神经系统包括中枢神经系统和外周神经系统。

(1) 中枢神经系统

—包括脑和脊髓。

—鱼类的脑分为五部分：端脑、间脑、中脑、小脑和延脑。



一、鱼纲的主要特征

10、神经系统

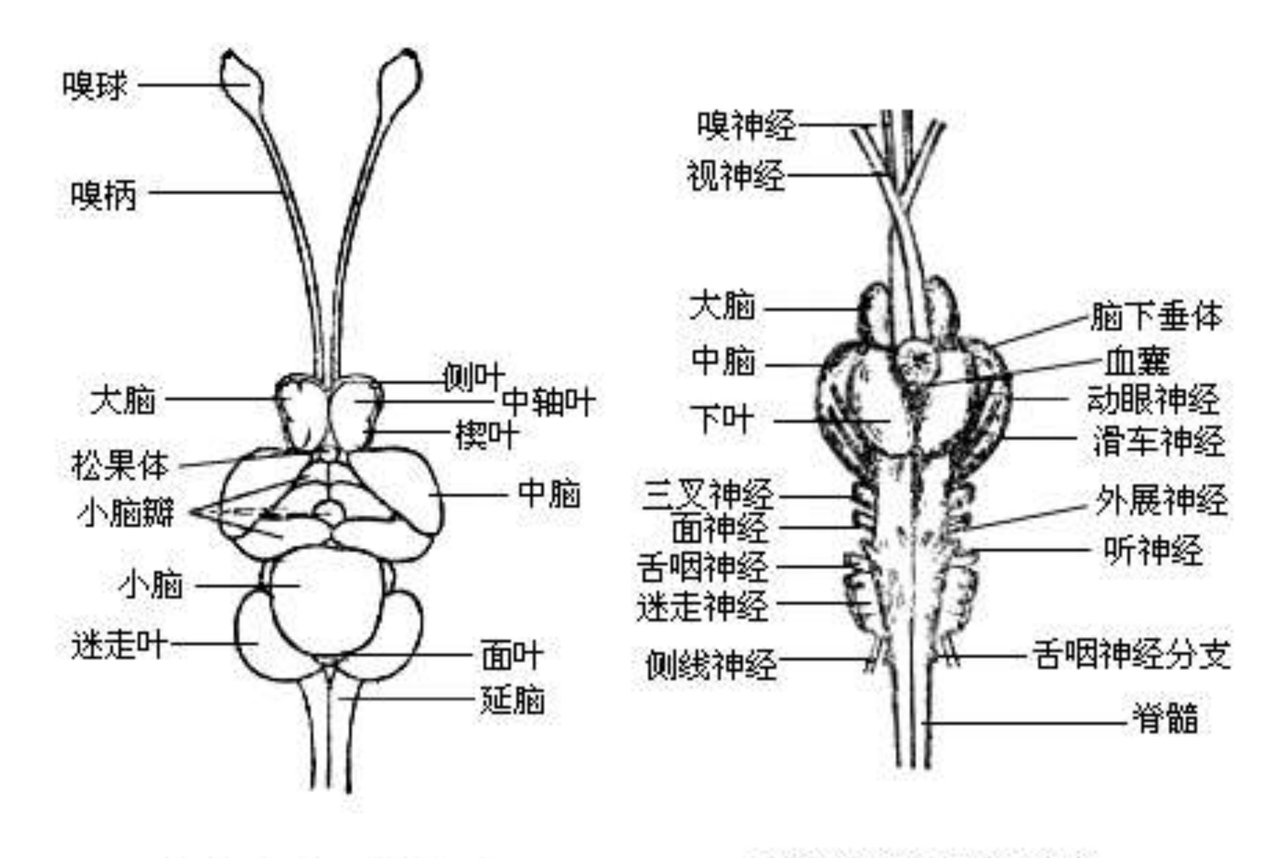
(1) 中枢神经系统

端脑： 包括大脑和嗅脑

大脑不发达；嗅球和嗅柄构成嗅脑 、嗅觉发达；

大脑上皮：硬骨鱼无神经细胞，软骨鱼有神经细胞（**原脑皮**）；

基底部有纹状体，高级运动调节中枢；



鲤鱼的脑（背侧面）　　鲤鱼的脑（腹侧面）

一、鱼纲的主要特征

10、神经系统

(1) 中枢神经系统

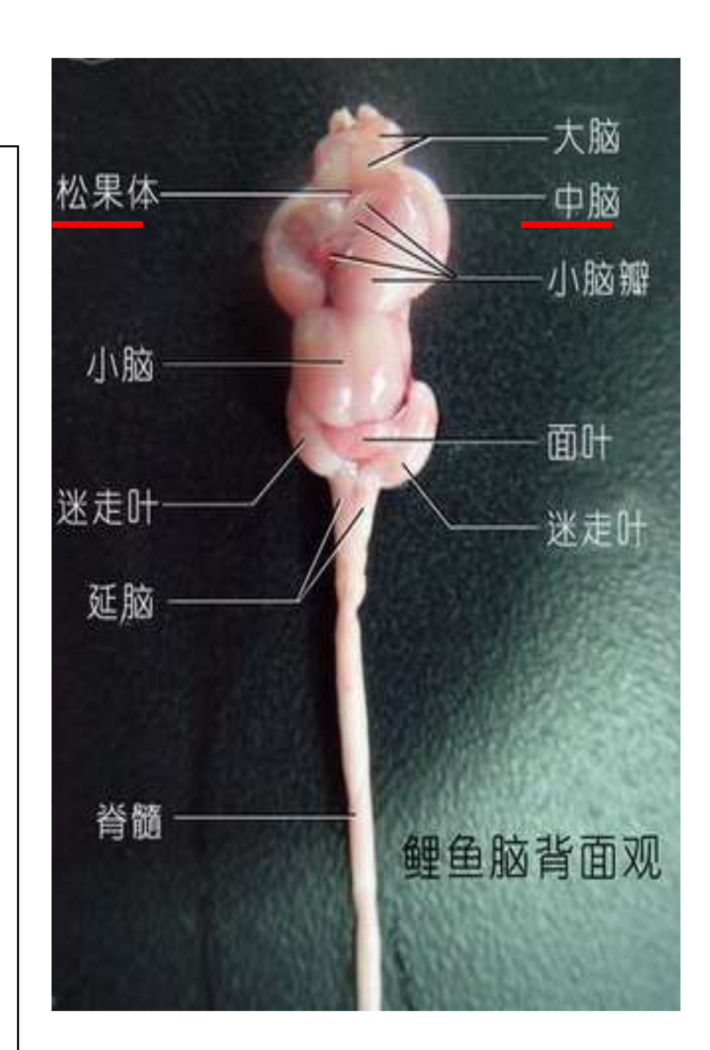
间脑： 不发达、综合交换功能

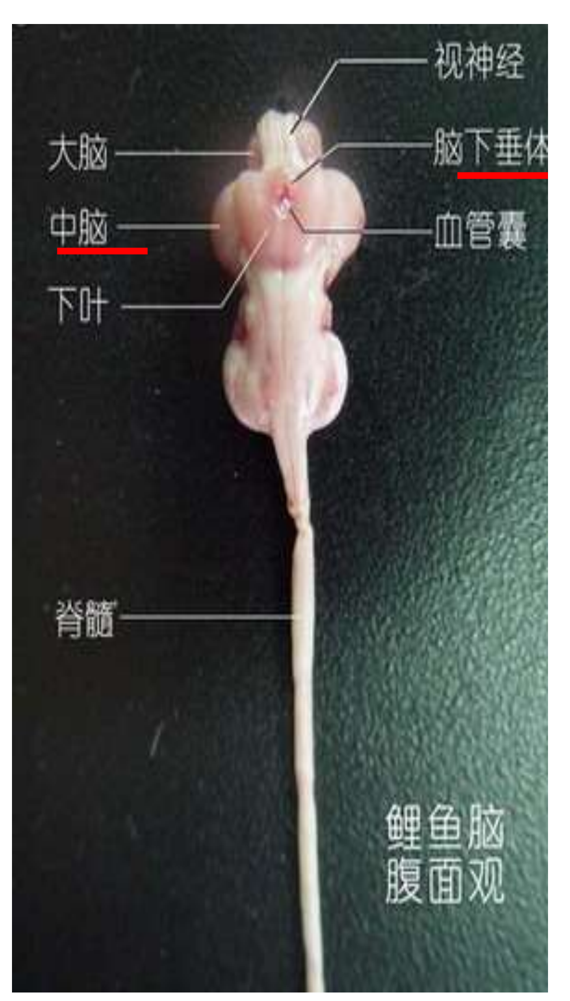
背面有松果体，与生物钟有关；

腹面延伸形成脑漏斗，脑漏斗腹面为脑垂体；

具有调节温度、心血管、摄食和繁殖等功能

中脑： 鱼类的中脑较发达，有两个视叶；为视觉中枢。





一、鱼纲的主要特征

10、神经系统

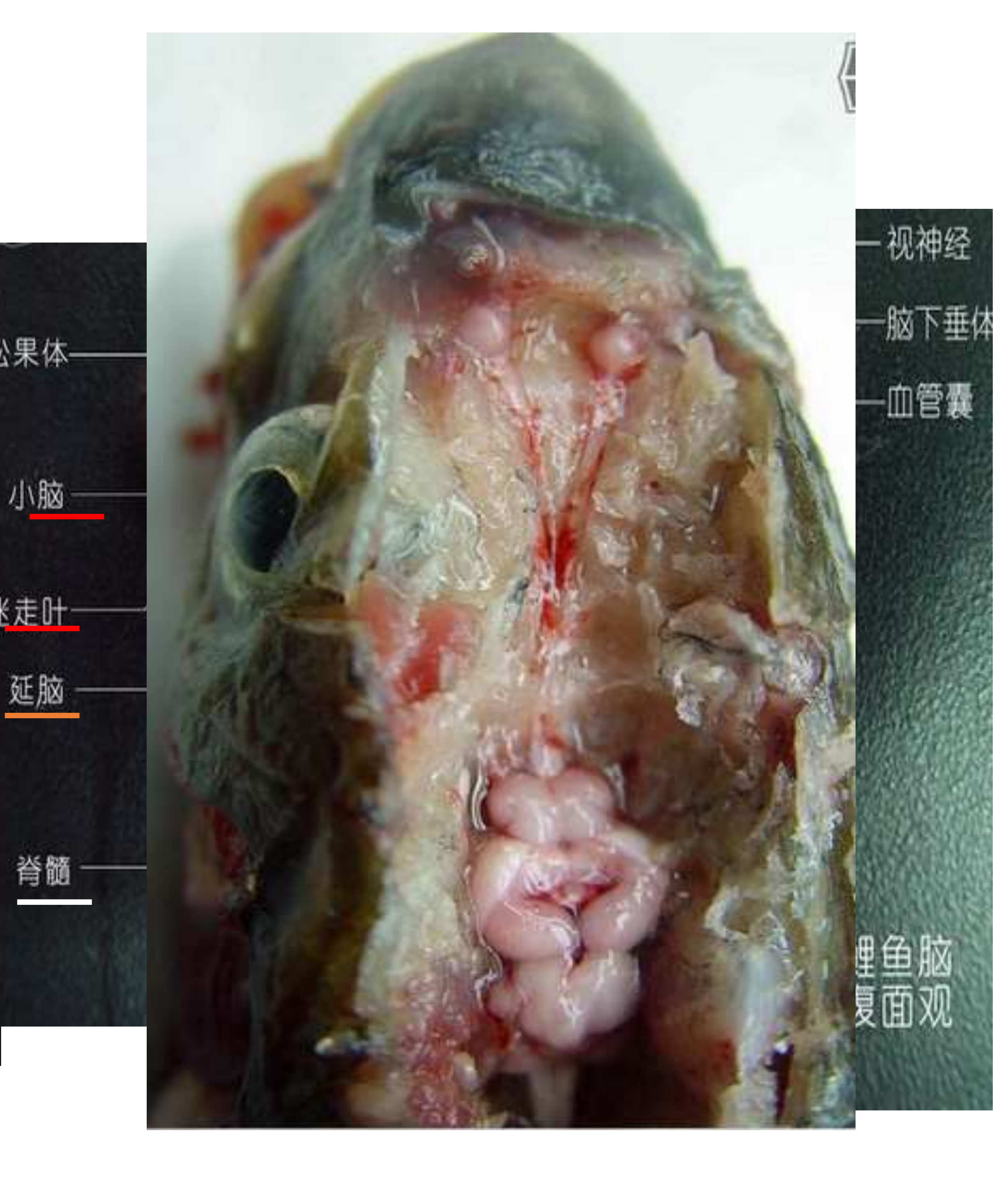
(1) 中枢神经系统

小脑：与运动有关（鲫鱼无小脑瓣）；

延脑：“活命中枢”

循环、呼吸、消化、新陈代谢等基本生命活动调节中枢。

脊髓：一种管状的结构。乳白色。低级反射中枢。在高级中枢的支配下进行调节。



一、鱼纲的主要特征

11、感官

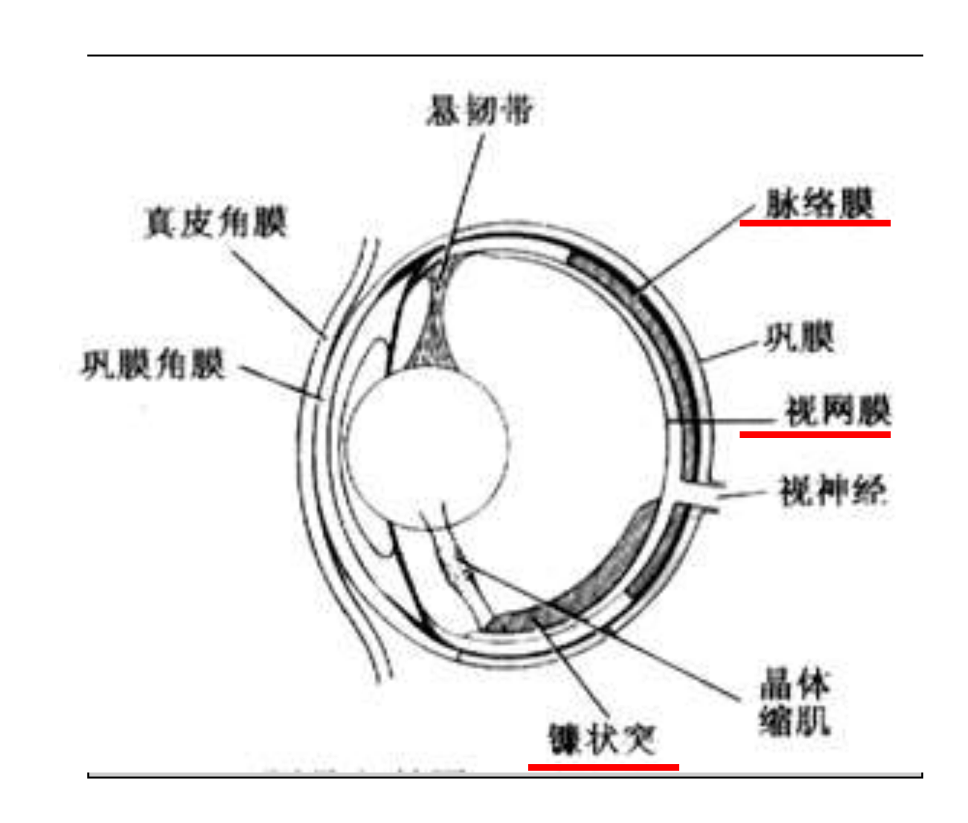
(1)视觉器——眼

鱼类的眼适应水生生活，有如下特点：

（1）角膜扁平，晶状体球状，无弹性，也不能改变曲度，加之晶状体距角膜较近，故鱼眼为近视眼。

（2）在巩膜与脉络膜之间，鱼眼特有的银膜。它能反射光线，是眼球内部的反光照明装置。

（3）多数鱼类无眼睑、泪腺，所以鱼类总是双目圆睁，也不流眼泪。



一、鱼纲的主要特征

11、感官

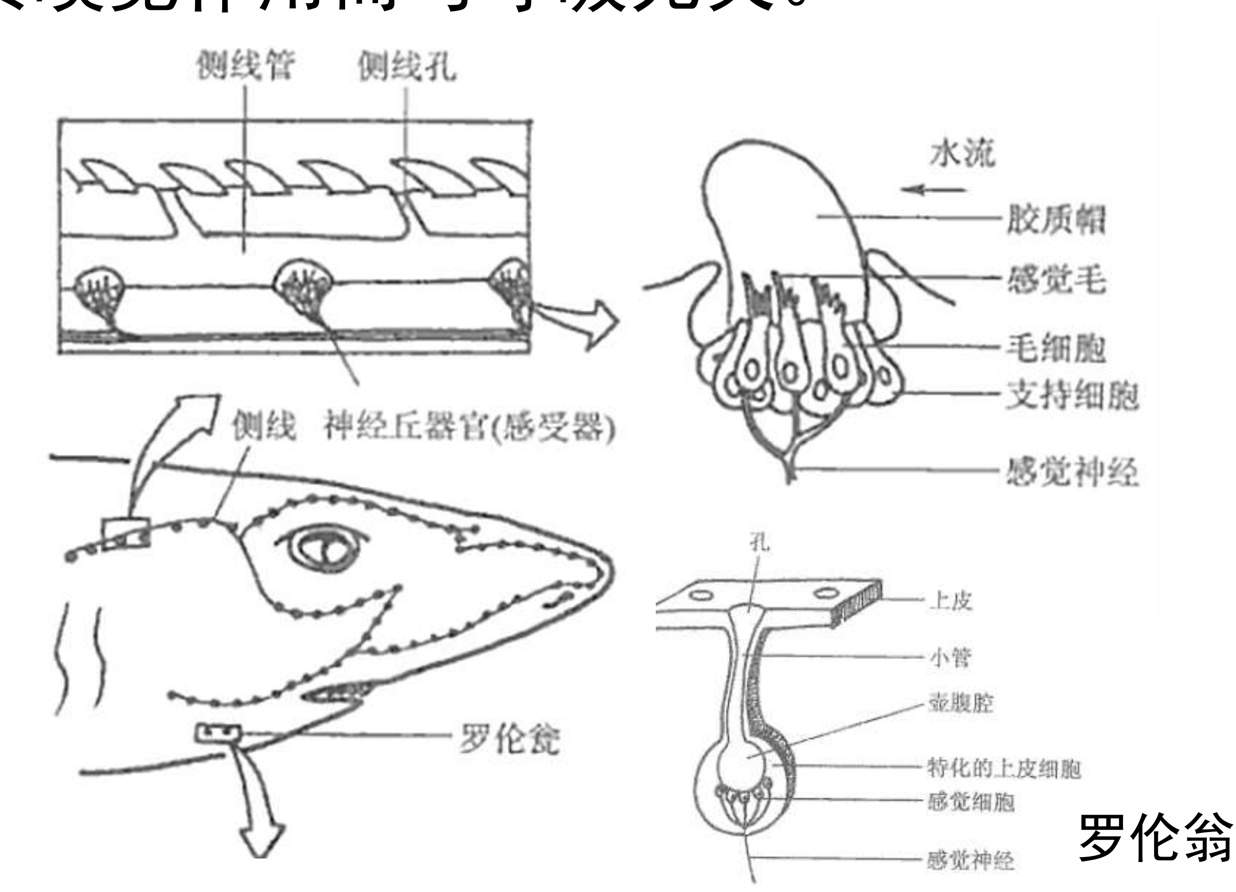
(2)嗅觉器

嗅觉发达，由鼻孔、鼻腔和嗅囊组成。1对外鼻孔与1对嗅囊相连；无内鼻孔（鼻腔不与口腔相通）。只具嗅觉作用而与呼吸无关。

(3)侧线

具有由感受机械刺激的神经丘器官和感受电刺激的壶腹器官组成的侧线。侧线对于鱼类的取食、避敌和求偶具有重要的生物学意义。

软骨鱼为浅沟开放型，某些鲨鱼和硬骨鱼为管状封闭型。感受压力、水流、低频震荡。



一、鱼纲的主要特征

11、感官

(4) 听觉器

内耳：1对。位于听囊内。又称膜迷路。

结构：具有与静态平衡相关的椭圆囊、球状囊和3条半规管：

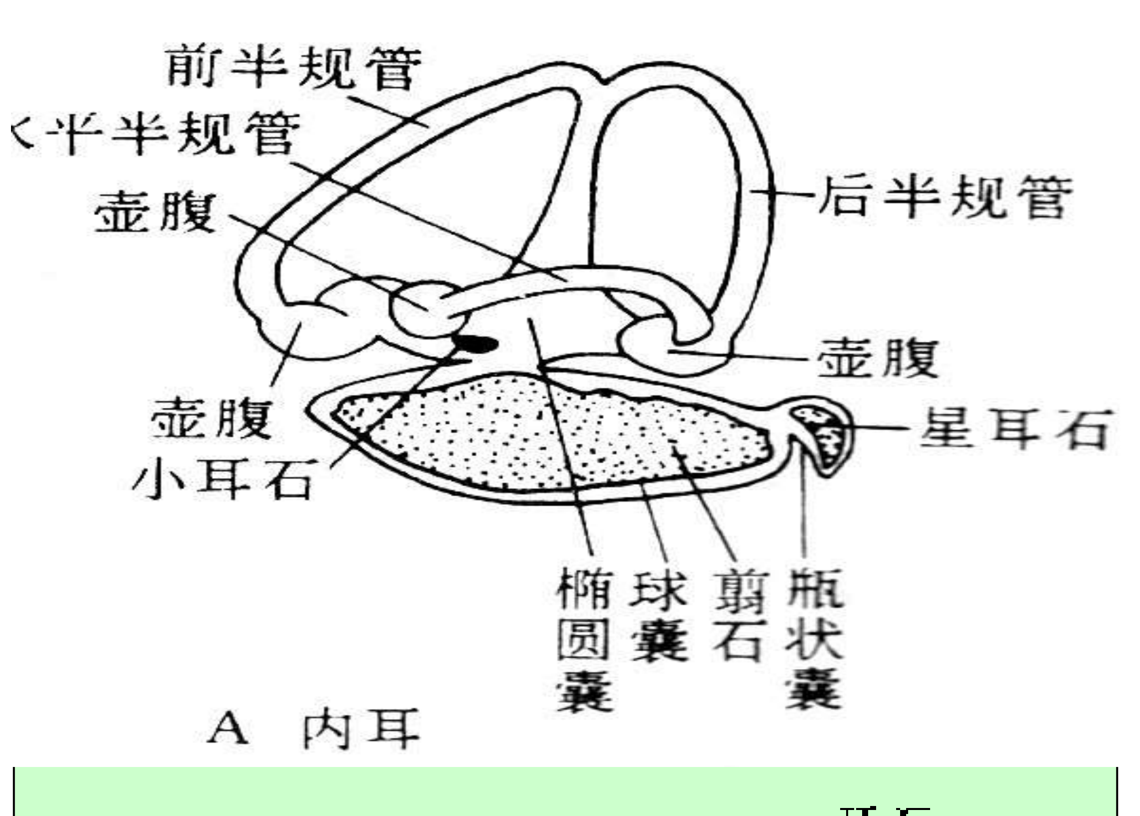
前半规管

后半规管

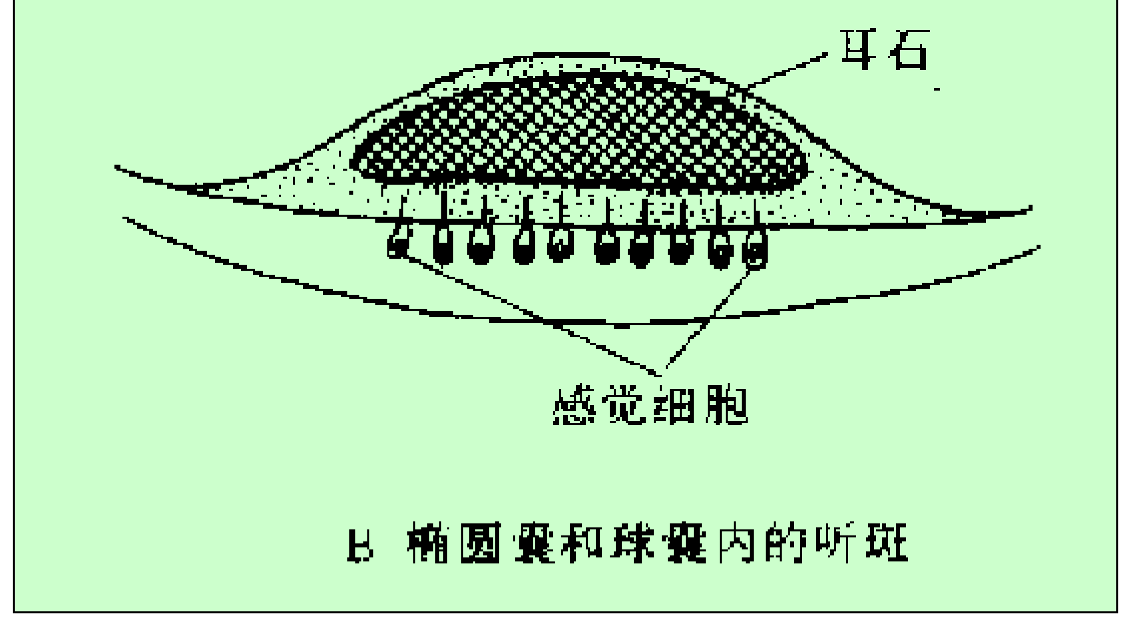
水平半规管

无鼓膜。

功能：感受声波的作用，但主要的功能是平衡。



A 内耳



B 椭圆囊和球囊内的听斑

二、鱼纲的分类

根据骨骼系统，把现生的鱼类分为两大群系，即：

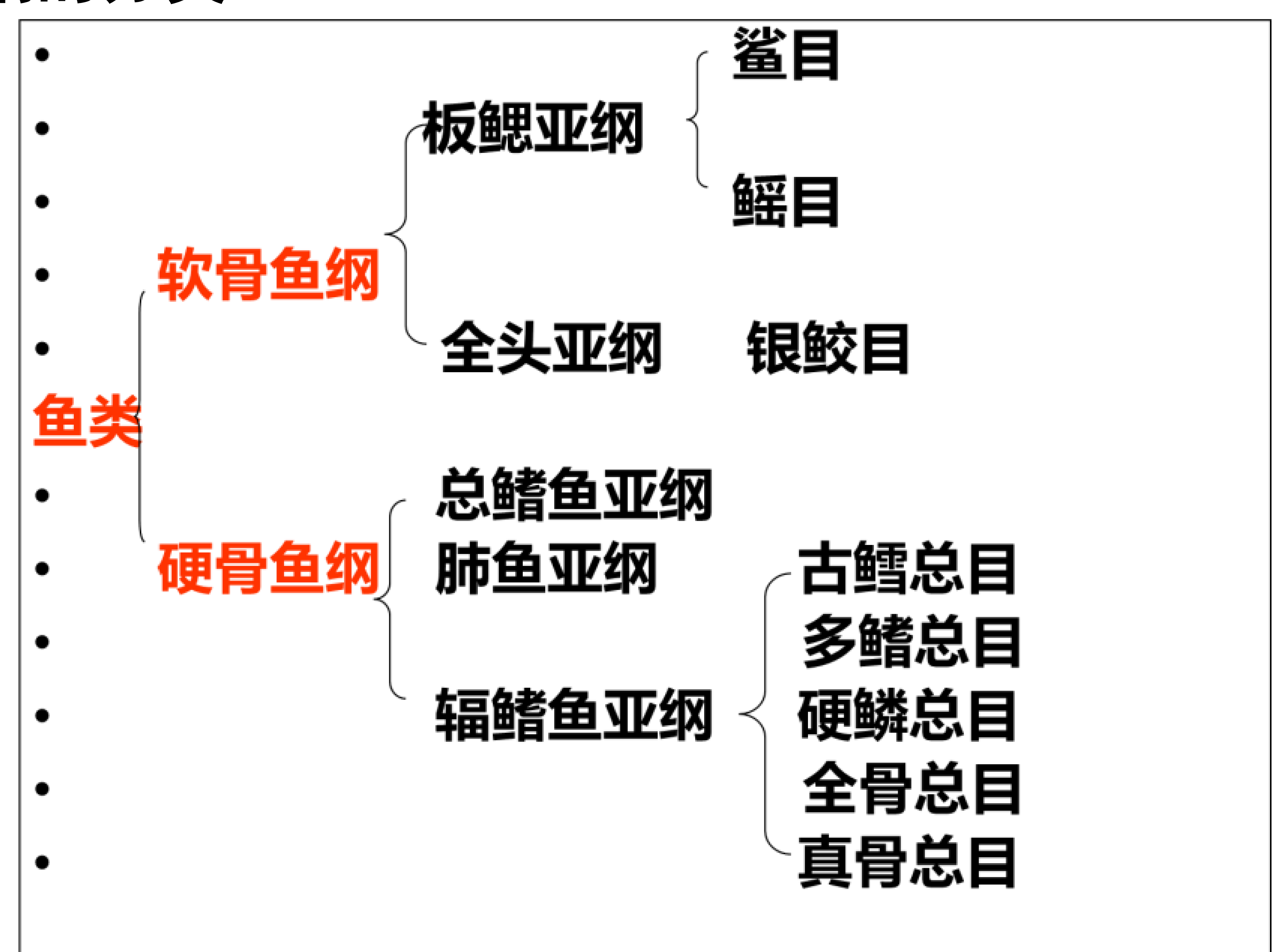


二、鱼纲的分类

软骨鱼系与硬骨鱼系主要特征比较

	软骨鱼系	硬骨鱼系
骨骼	软骨	硬骨
鳞片	盾鳞	多骨鳞，少被硬鳞或无鳞
消化系统	口腹位，肠具螺旋瓣	口多端位，肠不具螺旋瓣
呼吸系统	鳃隔发达，鳃裂直通体外，一般5对；无鳔	鳃隔退化，具骨质鳃盖，1对外鳃孔；多数具鳔；
生殖发育	体内受精，雄体有鳍脚，卵生或卵胎生	多数体外受精，卵生，少数发育经变态
其他	血液中保存大量溶解的尿素；歪尾；鼻孔腹位；有鳍脚；末端附生皮质鳍条；生殖导管与生殖腺不直接相连	皮肤粘液腺发达；多正尾；鼻孔背侧位；无鳍脚；末端附生骨质鳍条；生殖导管与生殖腺直接相连

二、鱼纲的分类

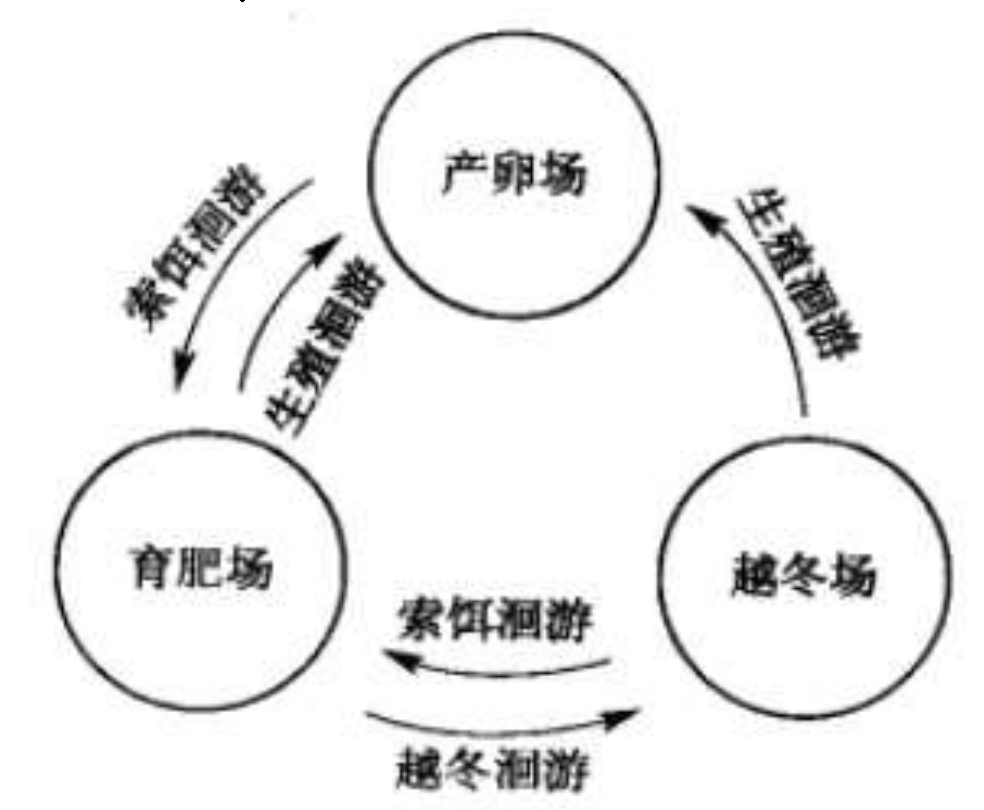


鱼类
软骨鱼纲
板鳃亚纲
鲨目
鳐目
全头亚纲
银鲛目
硬骨鱼纲
总鳍鱼亚纲
肺鱼亚纲
辐鳍鱼亚纲
古鳕总目
多鳍总目
硬鳞总目
全骨总目
真骨总目

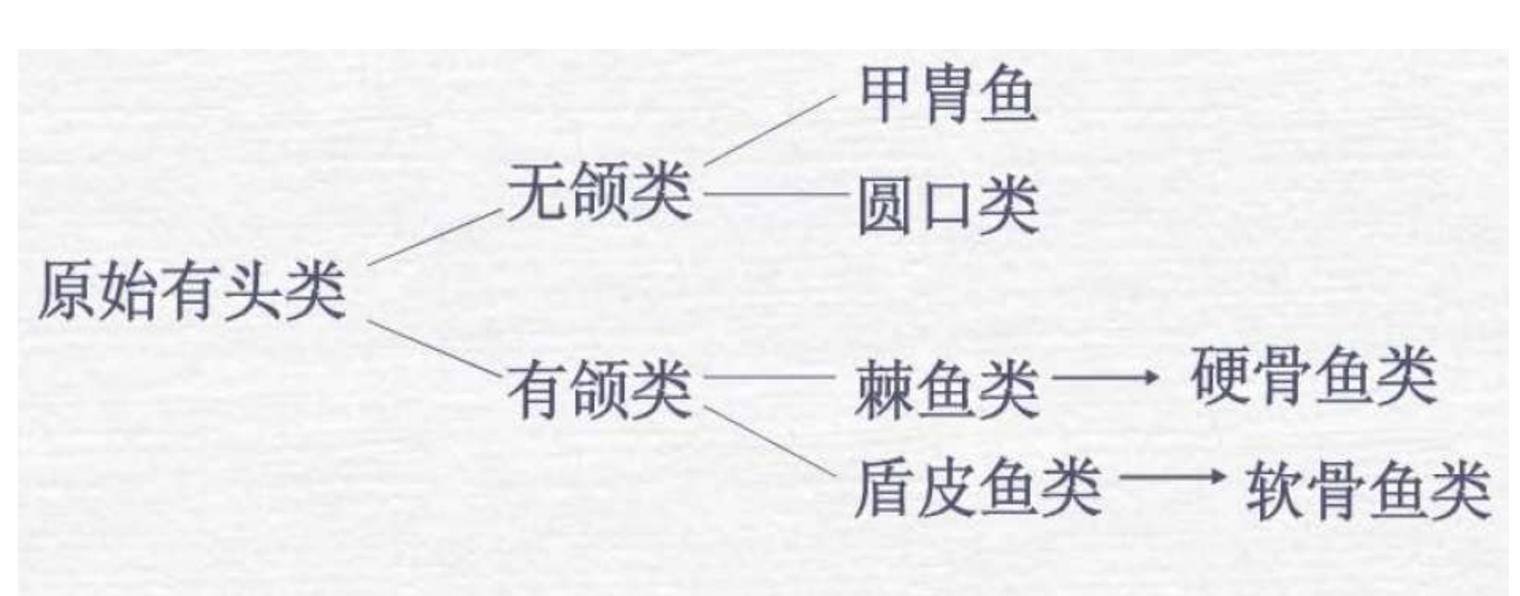
三、鱼类的洄游

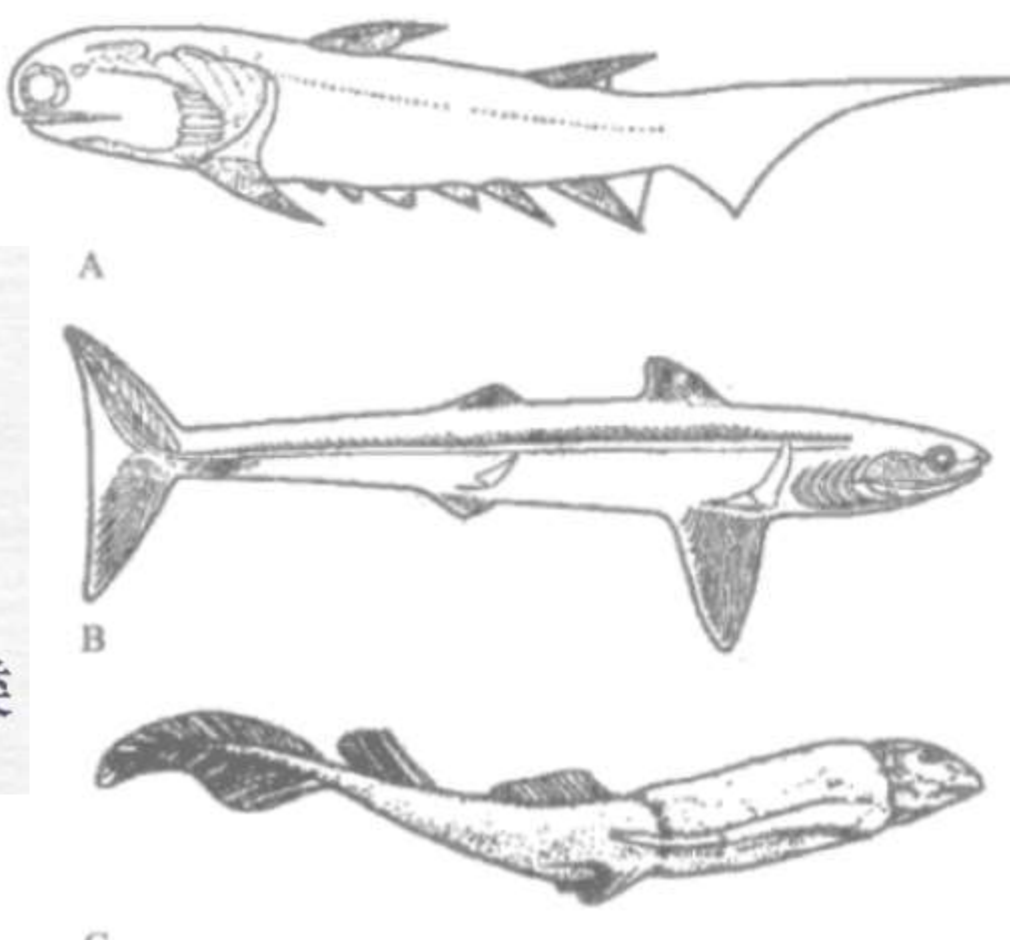
某些鱼类在生命周期的一定时期会有规律地集群，并沿一定路线作距离不等的迁移活动，以满足重要生命活动中生殖、索饵、越冬等需要的特殊的适宜条件，并在经过一段时期后又重返原地，这种现象叫做洄游。

依据鱼类洞游的不同类型，可分为生殖洄游、索饵洄游和越冬洄游。



四、鱼类的起源和进化





■ 图 17－44　泥盆纪的几种鱼

A. 梯棘鱼；B. 裂口鲨；C. 盾皮鱼

四、鱼类的起源和进化

与圆口纲类似的特征	比圆口纲进化的特征
呼吸方式	上下颌
粘液腺丰富	成对附肢（偶鳍）
心脏为一心房一心室	脊椎代替脊索
单循环	一对鼻孔三个半规管
听觉器只有内耳	